TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

PILAR ALEXANDRA MORENO



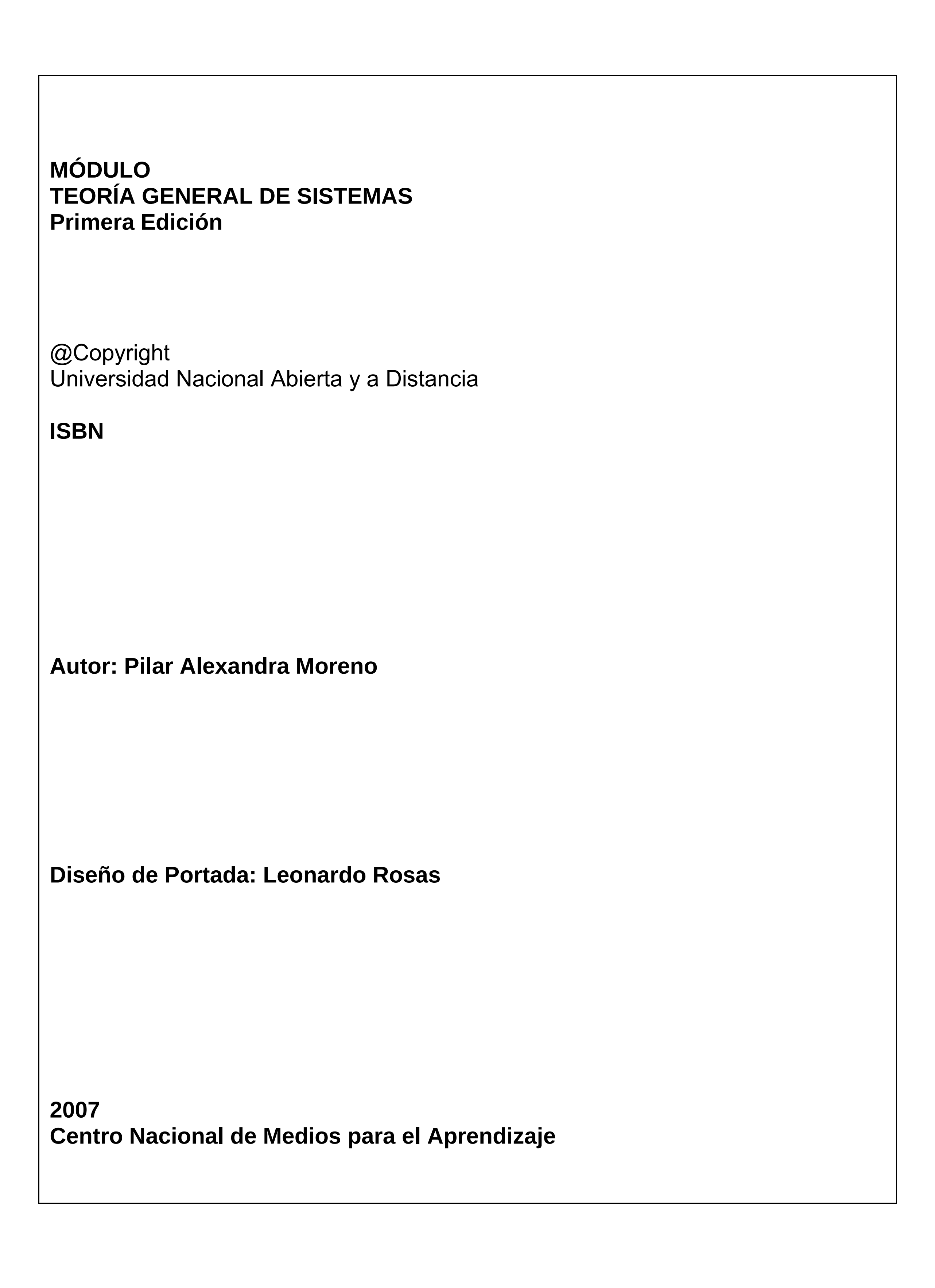


FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS
MÓDULO

PILAR ALEXANDRA MORENO

BOGOTÁ, 2007



MÓDULO
TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS
Primera Edición

ISBN

Autor: Pilar Alexandra Moreno

Diseño de Portada: Leonardo Rosas

2007
Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIÓN

Este módulo está diseñado para aquellas personas interesadas en abordar temáticas relacionadas con un enfoque que establezca y sustente el estudio de los sistemas de forma general, pero a la vez estructurada.

Por ello y para ellos, se presenta la “Teoría General de Sistemas”, como una alternativa de solución para esa búsqueda de un enfoque multidisciplinario, y por lo tanto, aplicable a cualquier sistema tanto natural como artificial.

Así, teniendo en cuenta que la Teoría General de Sistemas sirve como fundamento a cada una de las disciplinas y campos de trabajo de la ingeniería de sistemas, o de cualquier estudio que tome a los “sistemas” como su prioridad, éste módulo pretende ser una introducción al tema, su presentación , evolución y una identificación de los rasgos más importantes. En otras palabras, busca entregar un vocabulario de los conceptos que constituyen lo que hoy se conoce como Teoría General de Sistemas; en cierto sentido los principios teóricos de ella.

Ofrece una visión de una TGS que aborda a las organizaciones sociales, en las cuales los ingenieros de sistemas nos debemos desenvolver y realiza una aplicación específica a las organizaciones, a los sistemas y al modelado de sistemas.

Con el fin de afianzar el aprendizaje de los contenidos, así como el de las habilidades, a lo largo de los capítulos se incluyen ejercicios y/o ejemplos que sirven como activación cognitiva, para ubicar a los interesados en el contexto a desarrollar, también en algunos casos para reforzar o reafirmar una temática y al final de cada capítulo se encuentran ejercicios que servirán para la transferencia de los contenidos desarrollados a la realidad cercana del aprendiente y a sus intereses tanto profesionales como personales.

Es importante recalcar la importancia del curso académico, pues conocer la Teoría General de Sistemas, es tener ganado un extenso terreno en el mundo de la ingeniería, de las organizaciones y de nuestro quehacer en cualquiera de los ámbitos que nos atañen.

Los ejercicios propuestos vienen diseñados para que se resuelvan de manera individual, como actividad complementaria o para resolverlo en grupos de trabajo y así profundizar en los contenidos relacionados y para desarrollar habilidades como comunicación oral, comunicación escrita y trabajo colaborativo.

Este módulo es el resultado de un trabajo extenso de consulta, investigación bibliográfica y sistematización de experiencias, el cual sirvió como base para la consolidación de la información, contenidos temáticos y ejercicios con el fin de brindar, además, una herramienta de consulta apropiada al curso académico, a la metodología de trabajo y a las necesidades que pretende cubrir cada persona.

Por ello en cada unidad didáctica se encuentra una sección bibliográfica recomendada, incluyendo direcciones de Internet con las que se pueden ir más allá en el logro de los objetivos propuestos.

El desarrollo temático de los capítulos contempla, intrínsecamente, la articulación de cada una de las fases del proceso de aprendizaje como son: reconocimiento, profundización y transferencia, logrando una coherencia metodológica con la guía de actividades propuesta.

Las unidades didácticas que lo conforman son dos, equivalentes al número de créditos asignados al curso académico. Cada unidad consta de tres capítulos respectivamente.

La primera unidad, Fundamentación de la Teoría General de Sistemas, está enfocada hacia su reconocimiento como ciencia joven, estableciendo su evolución y aproximación conceptual a los principales referentes teóricos que plantea.

Orígenes, fuentes y teorías correspondientes al desarrollo histórico de la TGS brindan un acercamiento al lector con el nacimiento, la razón de ser y el fortalecimiento de dicha teoría y constituyen el primer capítulo del módulo.

Una vez revisado el pasado, en el segundo capítulo se presenta con total formalidad la Teoría General de Sistemas a través de su definición, enfoques, metas, función y aportes, relevantes para el reconocimiento de la misma.

El tercer capítulo aborda de forma más profunda y cercana el tema de los “sistemas”, teniendo en cuenta la conceptualización y concepción que da la TGS para su estudio y análisis.

Esta primera unidad, como su nombre lo indica, establece la fundamentación de la TGS como disciplina respondiendo al interrogante de ¿qué es? y dejando abierto el campo para continuar con el ¿para qué sirve?, también interés de éste módulo.

La segunda unidad didáctica, entonces, está planteada para desarrollar tres áreas básicas de aplicación, que servirán de apoyo a la formación que el aprendiente pretende y necesita encontrar.

El capítulo uno se encarga de la TGS en las organizaciones acercándonos al entendimiento, desde el punto de vista sistémico, de la empresa dentro de un contexto social al que debe pertenecer.

La TGS en los sistemas, es el tema del que se ocupa el segundo capítulo. Resalta la importancia de la resolución de sistemas, regulación y teoría de la información a la hora de establecer un estudio en profundidad de cualquier sistema de su elección.

Finalmente en el capítulo tres el lector encuentra el modelado de sistemas como una de las herramientas más poderosas para el logro de los objetivos de la TGS.

No obstante, es bueno recalcar que el módulo establece las principales técnicas de modelado, pero no entra en ningún tipo de detalle o tratamiento matemático, esto lo deja a aquellos cursos destinados exclusivamente para tal fin.

El módulo fue desarrollado tomando como referencia principal las teorías y estudios de Bertalanffy y su libro teoría general de sistemas. Además se siguieron estudios de autores tales como Oscar Johansen, Peter Checkland, West Churchmann y van Gigch los cuales, a su vez, presentan sus interpretaciones de diferentes pensadores que ayudaron a establecer la importancia y utilización de la TGS en diferentes aspectos de la ciencia.

Por último, y como siempre, recomiendo que para facilitar el aprendizaje es importante consultar la bibliografía descrita, utilizar la biblioteca virtual y el acceso a Internet, con esto se está potenciando la capacidad de investigación y de auto gestión para llegar al conocimiento, según sean los logros y/o debilidades encontradas en cada uno de los pasos del proceso a seguir.

Recuerden que el éxito del proceso sólo depende de cada uno, de sus intereses y de sus necesidades.

OBJETIVOS

1. Fundamentar, desde un principio, la teoría general de sistemas como la encargada de unificar criterios, a través de la conceptualización teórica de los sistemas, el nacimiento del pensamiento sistémico y la necesidad de conocer y aplicar sus diferentes enfoques.

2. Relacionar los enfoques, aportes semánticos y metodológicos de la teoría general de sistemas con sus aplicaciones y técnicas de modelado acordes a la disciplina.

3. Conocer e identificar de manera clara el concepto, propiedades y características de un sistema abierto (organización) y reconocer cada uno de los elementos que lo conforman.

4. Determinar y sustentar la aplicación de la teoría general de sistemas, según su desarrollo histórico, tendencias y perspectivas.

UNIDAD DIDÁCTICA 1

FUNDAMENTACIÓN DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

INTRODUCCIÓN

Sin duda la Teoría General de Sistemas se ha convertido una de las teorías con mayor aceptación en las ciencias básicas y aplicadas.

Su alcance integrador, es el que permite pensar que si nos apropiamos de las teorías, elementos, definiciones y demás aportes que ella nos brinda hacia los sistemas, estamos en capacidad de analizar y solucionar, sin importar el área, cualquier tipo de sistema que se nos presente.

Es así como esta primera unidad didáctica está destinada a brindar una concepción del origen, fuentes y teorías de la TGS, para poder entender su verdadera razón de ser y de existir.

En segundo lugar, realiza una presentación lo más clara posible de lo que ella representa, su definición, función, metas, aportes metodológicos y semánticos que son necesarios para poder afirmar que efectivamente encierra un principio de globalidad total.

Por último explora el área de los sistemas, pero tomándolos desde el punto de vista de la TGS, y estructurándolos de tal forma que encaje en su visión integral.

Son tres capítulos que son necesarios seguir con una secuencia lógica y ordenada para no perdernos en el logro de los objetivos propuestos.

OBJETIVOS

1. Explorar los orígenes, fuentes y teorías que dieron lugar y que sustentan a la moderna Teoría General de Sistemas.

2. Reconocer a la Teoría General de Sistemas como aquella que brinda las herramientas necesarias para el estudio de un sistema en particular, a partir de un enfoque general.

3. Identificar con exactitud los elementos participantes en cualquier desarrollo de sistemas, especialmente sistemas abiertos, los cuales son su prioridad.

CAPÍTULO 1. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Actividad Inicial:
Apreciado estudiante: posiblemente en este momento Usted tiene una noción de lo que es la TGS, de dónde viene, quién es su precursor y otros detalles generales de la misma.
Lo invito, de manera especial, a que trate de recordar todos esos aspectos que conoce sobre la TGS, tema que nos convoca en este curso académico.
Para ello está diseñado el siguiente cuadro, en donde puede registrar todo los siguientes ítems:

Aspecto	***Preconcepto***
Qué es la TGS?	
Quién es reconocido como su autor?	
En qué año fue presentada?	
Sus objetivos son	
Sus campos de acción	
Otros aspectos 1.	
2.	
3. etc...	

La idea de una Teoría General de Sistemas fue primero introducida, antes de la cibernética, la ingeniería de sistemas y el surgimiento de campos afines.

Como se observa en el mundo actual, y de hecho mucho tiempo atrás, cualquier estudio de un fenómeno, de una forma o de un proceso se realiza tomándolo como un todo, con sus componentes, relaciones, objetivo, naturaleza, etc; es decir como un *sistema* llevado a su máxima organización y productividad.

Es aquí donde empezamos a hablar de Teoría General de Sistemas, aquella que surge en medio y por encima de las otras ciencias, como apoyo fundamental para el estudio de cualquier sistema, independientemente de su naturaleza u origen,

brindando a los investigadores herramientas metodológicas que orientadas de la mejor forma, ayudan a comprender el sistema y/o a establecer su *sistema ideal.*

Veamos entonces en este capítulo lo concerniente en torno a la historia y evolución de la Teoría General de Sistemas, la cual es tema del curso académico que nos convoca:

1.1 Orígenes

La Teoría General de Sistemas parece adquirir día a día mayor importancia en el campo científico y también más y más adherentes.

Sin duda la noción de sistema no es una idea nueva. Filósofos griegos y, probablemente, civilizaciones anteriores ya trabajaban este concepto desde su época.

Para nuestros efectos, creemos que la Teoría General de Sistemas como se plantea en la actualidad, se encuentra estrechamente relacionada con el trabajo de Ludwig Von Bertalanffy, biólogo alemán, especialmente a partir de la presentación que hizo de la Teoría de los Sistemas Abiertos. Desde este punto de vista podríamos decir, entonces, que la idea de Teoría General de Sistemas nació allá por 1925, cuando Bertalanffy hizo públicas sus investigaciones sobre el sistema abierto.

Pero parece que este nacimiento fue prematuro, ya que el mismo autor reconoce que sus ideas no tuvieron una acogida favorable en el mundo científico de esa época. Sólo en 1945, al término de la Segunda Guerra Mundial, el concepto de Teoría General de Sistemas adquirió su derecho a vivir. A partir de entonces, este derecho se ha ido profundizando cada vez más, y hoy día se encuentra sólidamente asentado y así acogido por el mundo científico actual.

En la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia celebrada en 1954 cuajó el proyecto de una sociedad dedicada a la Teoría General de Sistemas; ésta se organizó para impulsar el desarrollo de sistemas teóricos aplicables a más de uno de los compartimientos tradicionales del conocimiento. Sus funciones principales fueron:

- Investigar los isomorfismos de conceptos, leyes y modelos en varios campos, y fomentar provechosas transferencias de un campo a otro.
- Estimular el desarrollo de modelos teóricos adecuados en los campos que carecen de ellos.
- Minimizar la repetición de esfuerzo teórico en diferentes campos.
- Promover la unidad de la ciencia mejorando la comunicación entre especialistas.

Sin duda, esta aceptación fue apoyada por los trabajos que otros científicos realizaban y publicaban en esa época y que se relacionaban estrechamente con los sistemas. Entre otros están los estudios de Norman Wiener que dieron origen a la Cibernética, de Ashby sobre el mismo tema, el surgimiento de la Investigación de Operaciones y su exitosa aplicación al campo administrativo de los diferentes sistemas sociales, etc.

La TGS es pues, un enfoque que debe gustar al científico, ya que su papel, es *el conocimiento y la explicación de la realidad o de una parte de ella (sistemas) en relación al medio que lo rodea* y, sobre la base de esos conocimientos, *poder predecir el comportamiento de esa realidad, dadas ciertas variaciones del medio o entorno en el cual se encuentra inserta.*

Desde este punto de vista, la realidad es única, y es una totalidad que se comporta de acuerdo a determinada conducta. Por lo tanto, *la Teoría General de Sistemas, al abordar esa totalidad debe llevar consigo una visión integral y total*. Esto significa, que es necesario disponer de mecanismos interdisciplinarios, ya que de acuerdo al enfoque reduccionista con que se desarrolla el saber científico hasta nuestra época, la realidad ha sido dividida en un cierto número de subsistemas (independientes, interdependientes, traslapados, etc.) y cada uno de ellos hubiese pasado a constituir una unidad de análisis de una determinada rama del saber humano. Pero resulta que la realidad (el sistema total) tiene una conducta que, generalmente, no puede ser prevista o explicada a través del estudio y análisis de cada una de sus partes, en forma más o menos interdependiente. Así, *la Teoría General de Sistemas es un corte horizontal que pasa a través de todos los diferentes campos del saber humano, para explicar y predecir la conducta de la realidad*.

Estos mecanismos interdisciplinarios podrían ser identificados como un cierto número de principios o hipótesis que tienen una aplicación en los diferentes sistemas en que puede dividirse la realidad y también en ese sistema total.

Los avances actuales en esta Teoría se enfocan, justamente, a la identificación de esos principios que tienden a igualar ciertos aspectos o conductas de los diferentes sistemas en que podemos clasificar la realidad. Por ejemplo, al hablar del todo y de sus partes, se refiere al principio de la sinergia, que es aplicable a cualquier sistema natural o artificial.

Los sistemas en que podemos dividir la realidad son semejantes en algunos aspectos, pero también son diferentes. Pueden ser agrupados en distintos lotes, pero con una característica importante: esta división puede ser ordenada en forma vertical, es decir que existe una jerarquía entre los diferentes lotes de sistemas. Lo más significativo de esta jerarquía es que los sistemas inferiores se encuentran contenidos en los sistemas superiores. Tal es el principio de recursividad.

Sinergía y recursividad: los dos principios más importantes de la Teoría General de Sistemas.

Ahora bien la Teoría General de Sistemas es un enfoque interdisciplinario, y por lo tanto aplicable a cualquier sistema tanto natural como artificial.

De la biología teórica a la cibernética

El modelo de los sistemas abiertos es aplicable a muchos problemas y campos de la biología como lo enunció Von Bertalanffy en 1953.

En este campo se encuentran estudios como las reacciones metabólicas, los sistemas metabólicos integrados como unidades funcionales, la fisicoquímica de las reacciones enzimáticas en los sistemas abiertos, funciones como la fotosíntesis, la respiración y la glicólisis, estudiada esta última mediante un modelo de computadora con varios centenares de ecuaciones diferenciales no lineales.

Los análogos hidrodinámicos y particularmente los electrónicos representan otro acceso, aparte del experimento fisiológico, que permite en particular la solución de problemas de variables múltiples, los cuales superan los límites temporales y las técnicas matemáticas disponibles. De esta manera llegó Zerbst y sus colaboradores, a importantes resultados acerca de la adaptación a la temperatura de la frecuencia cardiaca, los potenciales de acción de células sensorias (enmendando la teoría de realimentación de Hodgkin-Huxley), etc.

La base del modelo de *sistema abierto* es la interacción dinámica entre sus componentes. La base del *modelo cibernético* es el ciclo de realimentación, en el cual, por realimentación de información, se mantiene un valor deseado, se alcanza un blanco, etc. La *teoría de los sistemas abiertos* es una cinética y una termodinámica generalizadas. La *teoría cibernética* se basa en realimentación e información. Ambos modelos tienen, en sus respectivos campos, aplicaciones de éxito. No obstante, hay que guardar conciencia de sus diferencias y limitaciones.

El modelo de sistema abierto en formulación cinética y termodinámica no habla de información. Por otra parte, un sistema de realimentación es cerrado termodinámica (calor, energía) y cinéticamente (velocidad); no tiene metabolismo.

En un sistema abierto es termodinámicamente posible el aumento del orden y la disminución de la entropía. La magnitud “información” es definida por una expresión formalmente idéntica a la entropía negativa. Sin embargo, en un mecanismo cerrado de realimentación la información sólo puede disminuir, nunca aumentar, o sea, que la información puede transformarse en “ruido”, más no a la inversa.

Un sistema abierto consigue tender “activamente” hacia un estado de mayor organización, es decir, pasar de un estado de orden inferior a otro de orden superior, merced a condiciones del sistema. Un mecanismo de realimentación puede alcanzar “reactivamente” un estado de organización superior, merced a “aprendizajes”, o sea a la información administrada al sistema.

Así, el modelo de sistema abierto representa una fértil hipótesis de trabajo que permite nuevos ahondamientos, enunciados cuantitativos y verificación experimental. Sin embargo, es bueno mencionar algunos importantes problemas no resueltos, como por ejemplo:

- Falta un criterio termodinámico (energía) que defina el estado uniforme en sistemas abiertos de modo parecido a como la entropía máxima define el equilibrio en los sistemas cerrados.
- Falta definir una paradoja básica de la termodinámica, la irreversibilidad de los acontecimientos físicos, expresada por la función entropía, la que da al tiempo su dirección.
- Falta definir la relación entre la termodinámica irreversible (biología) y la teoría de la información (cibernética). El orden es la base de la organización, y con ello el problema más fundamental de la biología.

De las teorías de sistemas generales a la teoría general de sistemas

En un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias.

La TGS se caracteriza por su perspectiva holística (holístico deriva del término griego holos, que significa todo; el holismo es una filosofía que motiva el tratamiento del organismo como un todo (una unidad) más que como partes individuales) e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. La TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación productiva entre especialistas y especialidades.

Bajo las consideraciones anteriores, la TGS es un ejemplo de perspectiva científica (Arnold & Rodríguez, 1990). No establece conceptos, no hay explicaciones o relaciones con contenidos preestablecidos, pero sí permite dirigir una observación, haciéndola operar en contextos reconocibles.

Los objetivos originales de la Teoría General de Sistemas son los siguientes:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.

- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,

- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

La primera formulación (nuevamente recordamos) en tal sentido es atribuible al biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas". Para él, la TGS debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos.

La perspectiva de la TGS surge en respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de los enfoques analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales (Arnold & Rodríguez, 1990). Se desprende que el principio clave en que se basa la TGS es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba fundado en una imagen inorgánica del mundo.

Así a TGS concitó un gran interés y pronto se desarrollaron bajo su alero diversas tendencias, entre las que destacan la cibernética (N. Wiener), la teoría de la información (C.Shannon y W.Weaver) y la dinámica de sistemas (J.Forrester).

Si bien el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales se advierte que sus raíces están en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias reconozcamos entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, mayores serán las posibilidades para aplicar correctamente el enfoque de la TGS, pero mientras más experimentemos los atributos que caracterizan lo humano, lo social y lo cultural y sus correspondientes sistemas, quedarán en evidencia sus inadecuaciones y deficiencias (sistemas triviales).

No obstante sus limitaciones, y si bien reconocemos que la TGS aporta en la actualidad sólo aspectos parciales para una moderna Teoría General de Sistemas Sociales (TGSS), resulta interesante examinarla con detalle. En ella se fundamentan las distinciones conceptuales que han facilitado el camino para la introducción de su perspectiva, especialmente en los estudios ecológico culturales (M.Sahlins, R.Rappaport), politológicos (K.Deutsch, D.Easton), organizaciones y empresas (D.Katz y R.Kahn) y otras especialidades antropológicas y sociológicas.

1.2 Fuentes y teorías

Como pasa con toda nueva idea, en la ciencia o donde sea, el concepto de sistemas tiene una larga historia. El desarrollo de este concepto, incluye muchos

nombres ilustres, que a su vez sirvieron para el desarrollo de la Teoría General de Sistemas y de otras áreas que se basan en ella y crecen a la par.

Veamos entonces, quiénes más están en la lista de pensadores que con sus teorías y creaciones contribuyeron al desarrollo y evolución de la TGS:

Tabla 1. Pensadores y teorías en el desarrollo histórico de la TGS

Pensador	***Teoría***
Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716),	1672. Desarrolló el concepto de mónadas: Cada una de las sustancias indivisibles, pero de naturaleza distinta, que componen el universo, según el sistema de Leibniz.
Nicolás de Cusa	1435. Teoría de los opuestos. Todo organismo tiene su contrario.
Theophrastus Bombastus von Hohenheim Seudónimo: Paracelso (1493-1541)	Medicina mística. Homeopatía. Afirmó que las enfermedades se debían a agentes externos al cuerpo y que podían ser combatidas por medio de sustancias químicas. Lo similar cura lo similar.
Ibn Jaldún, también conocido como Abenjaldún (1332-1406)	Filosofía histórica, teoría social: bases de la sociología moderna. Las sociedades se mantienen unidas por el poder de la cohesión social y pueden ser aumentadas por fuerzas como religión, economía, etc.
Giambattista Vico 1668-1744	La historia como sucesión de entidades o “sistemas” culturales.
James Watt	1788. Inventó el regulador, involucrando el concepto de realimentación negativa y amplificación. Con esto el manejo de la energía cobró importancia para un sistema. Dio lugar a los servomecanismos.
Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831)	Aplica el término dialéctica su sistema filosófico. La evolución de las ideas se produce a través de un proceso dialéctico, es decir, un concepto se enfrenta a su opuesto y como resultado de este conflicto, se alza un tercero, la síntesis.
Karl Marx (1818-1883)	Aplica el concepto de dialéctica a los procesos sociales y económicos.
Hermann Hesse (1877-1962)	Das Glasperlenspiel (El juego de abalorios, 1943), Ve el andar del mundo reflejado en un juego abstracto, agudamente planeado.
Max Wertheimer (1880-1943) Wolfgang Köhler (1887-1967) Kurt Koffka (1886-1941)	1924. Teoría de gestalt: Una gestalt es una entidad en la que las partes son interdependientes y tienen ciertas características del todo, pero el todo tiene algunas características que no pertenecen a ninguna de las partes. Preliminar a la TGS, pero llevaron solo su aplicación a la física, biología y psicología.
Wolfgang Köhler (1887-1967)	1927. Planteó una teoría de los sistemas encaminada a elaborar propiedades más generales de los sistemas inorgánicos en comparación con los orgánicos. A esta salió la teoría de los sistemas abiertos.
Lotka	1925. La más cercana al objetivo de la TGS, estableció formulaciones fundamentales como: Dio un concepto general de los sistemas. Concibió las comunidades como sistemas, sin dejar de ver en el individuo una suma de células. No se limitó a sistemas de física, más interesado en problemas poblacionales.

Pensador	***Teoría***
Ludwig von Bertalanffy (1901-)	1926. Primeros enunciados de TGS. Concepción organísmica en biología. Cuestiona la biología y define la teoría general de sistemas: organismos como un todo o sistema, principios organización a sus diversos niveles.
Alfred North Whitehead (1861-1947)	1925. Filosofía del mecanicismo orgánico. Opuesto a los conceptos del materialismo científico. Este método se basaba en la realidad de la percepción de los objetos y las relaciones entre objetos.
Claude Bernard (1813-1878)	Precursor de la concepción organísmica. Propuso el concepto que posteriormente se llamó Homeostasis. Estudios sobre cómo se mantiene el equilibrio en los sistemas de un organismo. Todos los mecanismos vitales tienen por objetivo conservar constantes las condiciones de vida en el ambiente interno. Pero su obra no fue muy conocida.
Alexander Bogdanov (1858-1928)	1912. Desarrolló la Teoría Universal de la Organización. Primera referencia documentada con respecto a un cuerpo del conocimiento similar a nuestra TGS.
Walter Bradford Cannon (1871-1945)	1929-1932. Estudió los mecanismos autorreguladores. Concibe el cuerpo como un organismo autorregulador, que tienden a mantener lo que él llamó homeostasis, es decir, tendencia a mantener un estado de equilibrio.
Grupo de Moritz Schlick Círculo de Viena	1920 y 1930. Positivismo lógico. Influyó en Bertalanffy para orientar su teoría.
Hans Reichenbach y a Carl Gustav Hempel	1929. Sociedad Berlinesa de Filosofía empírica. La experiencia y el conocimiento de un sistema asegura su control.
Ludwig von Bertalanffy (1901-)	1932-1937. Teoría de los sistemas abiertos. Distinción importante entre los sistemas abiertos y los sistemas cerrados. Definió en 1940 un sistema abierto como aquel donde hay importación y exportación de materia. Más generalmente, entre un sistema abierto y su medio debe existir intercambio de materiales, energía e información. También definió una jerarquía de sistemas abiertos, el mantenimiento de la jerarquía generará un grupo de procesos en los cuales hay comunicación de información con propósitos de regulación o control. 1937. Presentación en sociedad de TGS, no tuvo acogida.
Ludwig von Bertalanffy (1901-)	1945-1951. La TGS fue presentada en conferencias y fue afirmado el concepto: intentar la interpretación y la teoría científicas donde antes no había nada de ello, así como mayor generalidad que en las ciencias especiales. Respondió a varias disciplinas.
A. Rapoport	1950. Teoría de las redes.
Kenneth Boulding (1910-1993)	1953. Teoría empírica general. Apoyó a Bertalanffy, desde la economía y las ciencias sociales, igualó su teoría a la TGS, y exaltó la amplia aplicabilidad a diversas disciplinas.
Ludwig von Bertalanffy K Boulding, economista A Rapoport, biomatemático Ralph Gerard, fisiólogo	1954. Se creó una sociedad dedicada a la TGS en la reunión de la Sociedad Americana para el Desarrollo de la Ciencias (AAAS), se le colocó el nombre de Sociedad para la Investigación General de Sistemas, afiliada a la AAAS.

Pensador	***Teoría***
Norbert Wiener (1894-1964)	1948. Fundador de la Cibernética. Paralelismos entre la operación de los sistemas nerviosos animales y los sistemas automáticos de control en las máquinas. Define conceptos de autocontrol y autómatas.
Claude Elwood Shannon (1916-2001) Weaver	1949. Fundadores de la teoría de la información.
John von Neumann (1903-1957)	1947. Matemático; padre fundador en los dominios de la teoría ergódica, teoría de juegos, lógica cuántica, axiomas de mecánica cuántica, la computadora digital, autómata celular y sistemas auto-reproducibles.
Oskar Morgenstern	1944. Estudio pionero: Teoría de juegos y comportamiento económico (1944), con John von Neumann. Esta teoría se aplica a otras áreas de conocimiento además de la economía; por ejemplo, se utiliza para analizar opciones racionales en condiciones de incertidumbre sobre las elecciones que realizarán los demás "jugadores" en una situación particular: estrategias militares, solución de problemas, etc.
Walter Rudolf Hess (1881-1973)	Sus experimentos demostraron cómo regiones concretas del cerebro, especialmente las situadas en el hipotálamo, controlan los procesos corporales involuntarios como la tensión arterial y el ritmo cardiaco. Estudio del cerebro, visto como sistema.
Richard Wagner – 1954 W.R. Hess -1941-1942	Estudio de fenómenos fisiológicos con realimentación.
Buckley	1967. Afirma que la moderna TGS, es la culminación de un cambio de punto de vista, que llevaba varios siglos tratándose de imponer. Se remonta mucho antes que el hardware militar y cuestiones tecnológicas afines.

Nuevamente quiero aclarar lo siguiente:

La teoría de sistemas es frecuentemente identificada con la cibernética y la teoría de control. Esto es incorrecto.

La cibernética como teoría de los mecanismos de control en la tecnología y en la naturaleza, fundada en los conceptos de información y realimentación, no es sino parte de una teoría general de los sistemas; los sistemas cibernéticos son un caso especial, de los sistemas que exhiben autorregulación.

Actividad de refuerzo:
Una vez explorada la historia y evolución de la TGS, y teniendo en cuenta todos los aspectos que toca dicha teoría, se deben concretar los ítems mencionados en la actividad inicial, verificando el grado de conocimiento que se tenía de cada uno.
Retomemos entonces el cuadro inicial y adicionemos una nueva columna en donde se evidencien los preconceptos y los nuevos conceptos originados a partir del desarrollo del capítulo.
Tenga en cuenta que esta es una forma de obtener un buen resumen de la temática trabajada.
El nuevo cuadro a diligenciar quedaría así:

Aspecto	***Preconcepto***	***Nuevo concepto***
Qué es la TGS?		
Quién es reconocido como su autor?		
En qué año fue presentada?		
Sus objetivos son		
Sus campos de acción		
Otros aspectos 1.		
2.		
3. etc...		

CAPÍTULO 2. LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Actividad inicial:
En este punto, de hecho, ya se conoce lo que es la TGS, su importancia, objetivos, precursores, etc.
Ahora arriésguese a dar opiniones sobre ciencias, áreas o temáticas específicas en donde considera se pueda trabajar la TGS y evidenciar su importancia y aplicabilidad. Intente con mínimo tres. Justifique su respuesta.
Para ello tenga en cuenta el siguiente cuadro:

Ciencia, área, temática	***Justificación***
1.	
2.	
3.	
4. etc...	

La Teoría de Sistemas, en el sentido más amplio, se refiere a una colección de conceptos generales, principios, instrumentos, problemas, métodos y técnicas relacionados con los sistemas. Esta incluye las tareas de definición del sistema, su taxonomía y puesta en común de propiedades afines. El objetivo conceptual de la Teoría de Sistemas es proporcionar un marco y los elementos relacionados (teoría) para dar un soporte al proceso de construcción de modelos.

La Teoría General de los Sistemas intenta lograr una metodología integradora para el tratamiento de problemas científicos.

La meta de la Teoría General de los Sistemas no es buscar analogías entre las ciencias, sino tratar de evitar la superficialidad científica que ha estancado a las ciencias. Para ello emplea como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios campos científicos, mientras dicha extrapolación sea posible e integrable a las respectivas disciplinas.

La Teoría General de los Sistemas se basa en dos pilares básicos: aportes semánticos y aportes metodológicos, además de las tendencias, su enfoque mismo, de su papel y de su función en el mundo de las ciencias.

2.1 Definición

Recordemos este concepto de Teoría General de Sistemas, se puede tomar de forma general y sirve como abrebocas para un posible acercamiento más formal:

> "La Teoría General de Sistemas se encarga de analizar un sistema en forma general, posteriormente los subsistemas que los componen o conforman y las interrelaciones que existen entre sí, para cumplir un objetivo. Es decir busca semejanzas que permitan aplicar leyes idénticas a fenómenos diferentes y que a su vez permitan encontrar características comunes en sistemas diversos."

Después de haber recorrido el nacimiento y la evolución histórica de la Teoría General de Sistemas, observando los diferentes criterios, fuentes y teorías que la sustentan, además de conocer los objetivos de la misma, los conceptos desarrollados desde las diferentes disciplinas, podemos estandarizar la siguiente definición, para tenerla en cuenta a lo largo de éste módulo:

> "La Teoría General de Sistemas a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de éstas y las externas con su medio, es *una poderosa herramienta que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad y también hace posible la predicción de la conducta futura de esa realidad."*

2.2. Enfoques

El problema metodológico de la teoría de los sistemas es enfrentar cuestiones de naturaleza más general. Hay varios enfoques para enfrentarse a tales problemas. Los enfoques representan distintos modelos conceptuales, técnicas matemáticas, puntos de vista generales, etc; pero concuerdan sin embargo, en ser "teorías de sistemas".

Los enfoques más importantes que vamos a manejar en este módulo son:

1. Enfoque reduccionista.

2. Enfoque de las ciencias básicas.

3. Enfoque de sistemas.

4. Enfoque analítico mecanicista.

2.2.1 Enfoque reduccionista

Imagínese observando en varios cuadros las diferentes partes del organismo, cada una dentro de los contornos de la figura humana. Así la primera figura representa el esqueleto, la segunda, el aparato circulatorio, le tercera el sistema digestivo, la cuarta el sistema muscular y la quinta, el sistema nervioso.

Cada una de ellas muestra una parte de la anatomía humana, separada de tal modo que facilite su estudio y la comprensión de las funciones de cada sistema en particular.

Ahora imagínese superponiéndolas de cierta manera: se llega a obtener el ser humano como tal.

Así mismo, es evidente que es a través de esas divisiones como la biología hab logrado estudiar e investigar la anatomía humana. Es decir el progreso alcanzado por estas ciencias se debe, en gran parte, a lo que, generalmente, se denomina el *enfoque reduccionista*, en el cual se estudia un fenómeno complejo a través del análisis de sus elementos o partes componentes.

Los fenómenos no sólo son estudiados por el enfoque reduccionista, existen fenómenos que solo son explicados teniendo en cuenta todo lo que le comprende.

Si los sistemas se van haciendo más complicados, la explicación de los fenómenos que presentan los comportamientos de esos sistemas toman en cuenta su medio y su totalidad.

El enfoque reduccionista tiende a la subdivisión cada vez mayor del todo, y al estudio de esas subdivisiones, mientras que el enfoque de sistemas trata de unir las partes para alcanzar la totalidad lógica o una independencia relativa con respecto al grupo que pertenece.

2.2.2 Enfoque de las ciencias básicas

Hay una serie de progresos novedosos destinados a enfrentarse a las necesidades de una teoría general de los sistemas. A partir de esta teoría, cuyo pionero es Bertalanffy, han surgido varias tendencias que buscan su aplicación práctica a través de las ciencias básicas. Existe un buen número de nuevos desarrollos que intentan alcanzar el objetivo señalado.

Entre otros, podemos enumerar los siguientes:

Tabla 2. Tendencias que buscan la aplicación de la TGS

Teoría	Explicación
Teoría clásica de los sistemas	Aplica matemáticas clásicas, o sea el cálculo infinitesimal. Aspira a: Enunciar principios aplicables a sistemas en general o a subclases definidas: sistemas cerrados y abiertos. Proporcionar técnicas para su investigación y descripción, y aplicar éstas a casos concretos. “Algunas propiedades formales serán aplicables a cualquier entidad o sistema”.
Computarización y simulación	Las computadoras han abierto un nuevo camino en la investigación de sistemas; no sólo facilitando cálculos rápidos y exactos, sino también abriendo campos donde no existen teorías o modos de solución matemáticos. Experimentos pueden ser sustituidos por simulación en computadora, y el modelo alcanzado puede ser verificado con datos experimentales. Utilizados mucho en ecuaciones diferenciales no lineales, economía, investigación de mercados, etc.
Teoría de los compartimientos	Rescigno y Segre, 1966. El sistema consiste en subunidades con ciertas condiciones de frontera, entre las cuales se dan procesos de transporte. Tales sistemas de compartimientos pueden tener una cadena de compartimientos o compartimiento central en comunicación con múltiples periféricos. Las dificultades matemáticas aparecen en sistemas de tres o más componentes. El análisis resulta posible con transformaciones de Laplace y a la introducción de la teoría de las redes y las gráficas.
Teoría de los conjuntos	Mesarovic, 1964. Maccia, 1966. Las propiedades formales generales de sistemas, sistemas cerrados y abiertos, etc pueden ser formuladas en términos de teoría de los conjuntos (unión, intersección, contenido, etc).
Teoría de las gráficas	Muchos problemas de sistemas conciernen a sus propiedades estructurales o topológicas antes que a sus relaciones cuantitativas. En especial la teoría de las gráficas dirigidas (digráficas), elabora estructuras relacionales representándolas en un espacio topológico. Ha sido aplicada a aspectos relacionales de la biología, en matemáticas se vincula al álgebra de matrices, en el área de los modelos a la teoría de los sistemas por compartimientos con sistemas permeables y desde aquí a la teoría de los sistemas abiertos.
Teoría de las redes	Está ligada a las teorías de los conjuntos, las gráficas, los compartimientos, etc, y se aplica a sistemas tales como las redes nerviosas. Rapoport 1949-1950
La cibernética	Es una teoría de los sistemas de control basada en la comunicación (transferencia de información) entre sistema y medio circundante, y dentro del sistema, y en el control (realimentación) del funcionamiento del sistema en consideración al medio. En biología y en otras ciencias básicas, el modelo cibernético conviene para describir la estructura formal de mecanismos de regulación, mediante diagramas de bloque y de flujo. Así se logra reconocer la estructura reguladora, aún cuando los mecanismos sean desconocidos y el sistema sea definido como entrada y salida únicamente. Puede aplicarse, también, a sistemas hidráulicos, eléctricos, fisiológicos, etc. También abarca la teoría de los servomecanismos, aplicados a sistemas naturales.

Teoría	*Explicación*
Teoría de la información	Shannon y Weaver, 1949. Se basa en el concepto de información, definida como magnitud medible mediante una expresión isomorfa de la entropía negativa en física, y además desarrolla los principios de su transmisión. Por ello se dice que la información sirva de medida de la organización. Utilizada por la ingeniería de comunicaciones.
Teoría de los autómatas	Marvin Minsky, 1967. Es la teoría de autómatas abstractos con entrada, salida y posiblemente ensayo-y-error y aprendizaje. Utiliza un modelo general de la máquina de Turing (1936). Un autómata de Turing es una máquina abstracta capaz de imprimir o borrar las marcas 1 y 0 en una cinta de longitud infinita. Todo proceso puede ser simulado por una máquina, si está expresable mediante un número finito de operaciones lógicas. "Todo lo que sea posible lógicamente también puede ser construido", en la práctica por un autómata o una máquina algorítmica.
Teoría de los juegos	Von Newmann y Morgenstern, 1947. Se ocupa del comportamiento de los jugadores supuestamente racionales a fin de obtener ganancias máximas y pérdidas mínimas gracias a estrategias apropiadas contra el otro jugador (o la naturaleza). Tiene que ver con un sistema de fuerzas antagónicas con especificaciones.
Teoría de la decisión	Teoría matemática que se ocupa de elecciones entre posibilidades. Busca la selección racional de alternativas dentro de las organizaciones o sistemas sociales, mediante procedimientos estadísticos basado en el manejo de las probabilidades tomando la decisión que optimice el resultado.
Teoría de las colas	Se ocupa de la optimización de disposiciones en condiciones de apiñamiento.
Análisis factorial	Aislamiento, por análisis matemático, de factores en fenómenos multivariables, en psicología y otros campos.
Modelo verbal	Aquí se encuentran aquellas teorías o modelos formulados, que al contrario de los anteriores (matemáticos), están en lenguajes ordinarios. Psicoanálisis, teoría de la selección. Es manejar el concepto de algoritmo menos preciso que el de las matemáticas. Se aplica a aquellos modelos que por ser formulados matemáticamente, son impuestos por la fuerza a la realidad y la falsifica.
Teoría general de sistemas	Parte de una definición general de sistema como complejo de componentes interrelacionados para encontrar conceptos característicos de totalidades organizadas, tales como interacción, suma, mecanización, centralización, competencia, finalidad, etc y aplicarlos entonces a fenómenos concretos.

Si bien la teoría de los sistemas en sentido amplio tiene carácter de ciencia básica, existe relación con la ciencia aplicada, lo que a veces se llama ciencia de los sistemas. Este dominio está vinculado de cerca de la moderna automatización. A grandes rasgos se distinguen los campos siguientes:

Tabla 3. Ciencias de los sistemas que buscan la aplicación de la TGS

Teoría	*Explicación*
Ingeniería de sistemas	La concepción, el planteamiento, la evaluación y la construcción científicos de sistemas hombre – máquina, para aumentar la productividad, velocidad y volumen en las comunicaciones y transporte de información.
Investigación de operaciones	Control científico de sistemas existentes de hombres, máquinas, materiales, dinero, etc. Incorpora factores como el azar y el riesgo, con los cuales predice y compara los resultados de las diferentes decisiones, estrategias o controles alternativos. Su propósito es ayudar a la administración a determinar su política y sus acciones de manera científica.
Ingeniería humana	Es la adaptación científica de sistemas, y especialmente máquinas, con objeto de obtener máxima eficiencia con mínimo costo en dinero y otros gastos.

Es hora de aclarar que hay gran traslapamiento. En los diversos campos predominan diferentes concepciones. En la ingeniería de sistemas se emplean la cibernética y la teoría de la información, así como la TGS en el sentido más estricto. La investigación de operaciones usa instrumentos como la programación lineal y la teoría de los juegos. La ingeniería humana, que se ocupa de las capacidades, limitaciones fisiológicas y variabilidad de los seres humanos, incluye biomecánica, ingeniería psicológica, factores humanos, etc.

2.2.3 Enfoque de sistemas

A este enfoque de sistemas se le puede llamar teoría general de sistemas aplicada (TGS aplicada). Es una manera de enfrentar un problema que toma una amplia visión, que trata de abarcar todos los aspectos, que se concentra en las interacciones entre las partes de un problema considerado como "el todo".

Para ello se requiere de un enfoque integral porque al utilizar simultáneamente los puntos de vista de diversas disciplinas, se tiende hacia el análisis de la totalidad de los componentes o aspectos bajo estudio, así como de sus interrelaciones.

Tiende hacia la aplicación de una perspectiva global en el sentido que no aborda detalladamente un subsistema o aspecto especifico del sistema, sino cuenta previamente con sus objetivos, recursos y principales características.

También se puede describir como:

- Una metodología de diseño.
- Un marco de trabajo conceptual común.
- Una nueva clase de método científico.
- Una teoría de organizaciones.

- Dirección por sistemas.
- Un método relacionado a la ingeniería de sistemas, investigación de operaciones, eficiencia de costos, etc.
- Teoría general de sistemas aplicada.

El enfoque de sistemas: una metodología de diseño. El enfoque de sistemas es una metodología que auxiliará a los autores de decisiones a considerar todas las ramificaciones de sus decisiones una vez diseñadas. Aquí el diseño hace referencia a que los sistemas deben planearse, no debe permitirse que sólo sucedan.

El enfoque de sistemas: un marco de trabajo conceptual común. Los sistemas se originan en campos divergentes, pero tienen varias características en común, como:

- Propiedades y estructura.
- Métodos de solución y modelos.
- Dilemas y paradojas: Como:
- Simplicidad contra complejidad.
- Optimización y suboptimización.
- Idealismo contra realismo.
- Incrementalismo contra innovación.
- Política y ciencia, intervención y neutralidad.
- Acuerdo y consenso.

El enfoque de sistemas: una nueva clase de método científico. El método científico es de gran utilidad para explicar el mundo físico, pero debe complementarse con nuevos métodos que pueden explicar el fenómeno de los sistemas vivientes. Aquí el enfoque de sistemas y la TGS, están buscando el desarrollo de una nueva clase de método científico que pueda enfrentarse con procesos como la vida, la muerte, nacimiento, evolución, adaptación, aprendizaje, motivación e interacción. El enfoque de sistemas busca abarcar este nuevo método de pensamiento que es aplicable a los dominios de lo biológico y conductual.

El enfoque de sistemas: una teoría de organizaciones. El enfoque de sistemas otorga una nueva forma de pensamiento a las organizaciones que contemplan la teoría de la organización. Busca unir el punto de vista conductual con el estrictamente mecánico y considerar la organización como un todo integrado, cuyo objetivo sea lograr la eficacia total del sistema, además de armonizar los objetivos del conflicto de sus componentes. Una teoría de sistemas organizacional tendrá que considerar la organización como un sistema cuya operación se explicará en términos de conceptos sistémicos, como la cibernética, ondas abiertas y cerradas, autorregulación, equilibrio, desarrollo y estabilidad, reproducción y declinación.

El enfoque de sistemas: dirección por sistemas. Este enfoque requiere que las funciones de sistemas, se apliquen a la dirección de los problemas complejos de la organización. Al tratar cada situación, ésta debe considerarse en el conjunto y marco de la organización tomada como un sistema, un todo complejo en el cual el director busca la eficacia total de la organización, y no una óptima local con limitadas consecuencias.

El enfoque de sistemas: métodos relacionados. Este enfoque toma a la ingeniería de sistemas, la investigación de operaciones y la ciencia de la administración como disciplinas en estado de flujo, y pertenecientes a la TGS. Mantienen intereses comunes y poseen raíces comunes. Además contempla la posibilidad de que alguna nueva disciplina con un nuevo nombre o uno igual a una de ellas abarque a las demás.

El enfoque de sistemas: teoría general de sistemas. Abarca los principios de la TGS. La TGS intenta abarcar el estatus de ciencia general a la par de las matemáticas y la filosofía. Proporciona la capacidad de investigación al enfoque de sistemas. Ésta investiga los conceptos, métodos y conocimientos perteneciente a los campos y pensamiento de sistemas. Es decir en este contexto enfoque de sistemas y TGS se usan como sinónimos.

2.2.4 Enfoque analítico mecanicista

La TGS se ha desarrollado con la finalidad de ofrecer una alternativa a los esquemas conceptuales conocidos con el nombre de enfoques analítico-mecánicos, asociados con la aplicación del método científico y del paradigma ciencia a las ciencias científicas.

Se les llama mecánicos porque estos fueron instrumentos en el desarrollo de las leyes de Newton. Y son analíticos debido a que proceden por análisis, es decir, del todo a las partes y de lo más complejo a lo más simple. También son deductivos ya que van de lo general a lo particular.

Estos enfoques tuvieron éxito en la explicación del fenómeno de los sistemas del mundo físico, pero no se extendieron satisfactoriamente para explicar las propiedades de los sistemas en los campos biológico, conductual y social. Las diferencias en las propiedades y supuestos que señalan estos dominios contrastantes, enfoque analítico mecanicista y enfoque de sistemas, se presentan en la tabla 4.

Los enfoques analíticos y mecánico sufrieron las siguientes omisiones:

- Estos no podían explicar por completo, los fenómenos como organización, mantenimiento, regulación y otros procesos biológicos.

- El método analítico no fue adecuado para el estudio de los sistemas que tuvieron que ser tratados holísticamente, las propiedades del sistema de esta clases no podían inferirse de las propiedades de las partes, un supuesto importante del enfoque analítico y mecánico.
- Las teorías mecánicas no fueron diseñadas para tratar con sistemas de complejidad organizada, ya que estas mostraban estructuras más complejas acopladas a fuertes interacciones.

Tabla 4. Comparación de supuestos, enfoque analítico mecanicista vs. enfoque de sistemas

Propiedades de sistemas	***Supuestos a los que se aplica enfoque analítico mecanicista***	***Supuestos a los que se aplica enfoque de sistemas***
Viviente o no viviente	Sistemas no vivientes	Sistemas vivientes
Cerrado o abierto	Cerrado, con realimentación: propiedades limitadas de sistemas abiertos	Abierto
Separabilidad	Totalidades que pueden desintegrarse en partes componentes	Totalidades que son irreducibles
Agregabilidad	El todo es la suma de las partes	El todo puede ser más que la suma de las partes
Interdependencia	Baja interdependencia: las partes pueden tratarse en forma aislada	Elevada interdependencia: las partes no pueden ser tratadas en forma aislada
Complejidad	Simplicidad organizada: complejidad no organizada	Complejidad organizada
Conceptos centrales	Fuerza y energía	Entropía y cantidad de información, en el sentido de la teoría de la información
Entropía y orden	Equilibrio: desorden máximo	Los sistemas resisten la tendencia hacia el desorden por: la importación de energía del medio y por el procesamiento de la información
Propósito e implicaciones teleológicas	Los antecedentes son de interés (casualidad)	Las consecuencias son de interés (sistemas orientados hacia objetivos)
Organización y jerarquía	Las propiedades de los sistemas de niveles elevados inferidas de las de los sistemas de niveles más bajos	Las propiedades de organizaciones no pueden inferirse de los subsistemas componentes

Revisemos, entonces el siguiente cuadro en donde se sintetiza el objetivo de “*los enfoques*” según la Teoría General de Sistemas:

La teoría general de sistema ha evolucionado para ofrecer un marco de trabajo conceptual y dialéctico en el cual pueden desarrollarse los métodos científicos adecuados a otros sistemas y no propiamente a los del mundo físico, y logra lo siguiente:

- Adopta un enfoque holístico hacia los sistemas.
- Provoca la generalidad de leyes particulares, mediante el hallazgo de similitudes de estructura (isomorfismo) a través de los sistemas.
- Anima el uso de modelos matemáticos, cambian el énfasis de una consideración de contenido a una de estructura, la cual ayuda en la solución de muchas controversias de utilidad cuestionable.
- Promueve la unidad de la ciencia, al proporcionar un marco de referencia coherente para la organización del conocimiento.

2.3 Metas de la teoría general de sistemas

La teoría general de sistemas no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero sí producir teorías y formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica. Los supuestos básicos de la teoría general de sistemas son:

- Hay una tendencia general hacia la integración en las diversas ciencias, naturales y sociales.
- Tal integración parece girar en torno a una teoría general de sistemas.
- Tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.
- Al elaborar principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las, esa teoría nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia.
- Esto puede conducir a una integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica.

La teoría general de los sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solamente se presenta cuando se estudian los sistemas globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus subsistemas.

La T.G.S. Se fundamentan en tres premisas básicas, a saber:

- **Los sistemas existen dentro de sistemas.** Las moléculas existen dentro de células, las células dentro de tejidos, los tejidos dentro de los órganos, los órganos dentro de los organismos, los organismos dentro de colonias, las colonias dentro de culturas nutrientes, las culturas dentro de conjuntos mayores de culturas, y así sucesivamente.
- **Los sistemas son abiertos.** Es una consecuencia de la premisa anterior. Cada sistema que se examine, excepto el menor o mayor, recibe y

descarga algo en los otros sistemas, generalmente en aquellos que le son contiguos. Los sistemas abiertos son caracterizados por un proceso de intercambio infinito con su ambiente, que son los otros sistemas. Cuando el intercambio cesa, el sistema se desintegra, esto es, pierde sus fuentes de energía.

- **Las funciones de un sistema dependen de su estructura.** Para los sistemas biológicos y mecánicos esta afirmación es intuitiva. Los tejidos musculares, por ejemplo, se contraen porque están constituidos por una estructura celular que permite contracciones. Las características y parámetros que se establecen para todos los sistemas, se constituyen en el área de interés.

El concepto de sistema pasó a dominar las ciencias, y principalmente, la administración. Si se habla de astronomía, se piensa en el sistema solar; si el tema es fisiología, se piensa en el sistema nervioso, en el sistema circulatorio, en el sistema digestivo;

La sociología habla de sistema social, la economía de sistemas monetarios, la física de sistemas atómicos, y así sucesivamente.

El enfoque sistemático, hoy en día, es tan común que casi siempre se está utilizando, a veces inconscientemente.

2.4 Función de la teoría general de sistemas

Es necesario reconocer las interacciones entre los sistemas abiertos y las totalidades relacionales, que plantea la TGS como sus funciones básicas. Además enunciar las analogías entre los conceptos de Isomorfismo y sistema general.

2.4.1 La búsqueda de interacciones

Sistemas abiertos.

Un sistema es un conjunto de partes interrelacionadas. Ahora bien, si examinamos esta definición por un momento, llegaremos a la conclusión de que es tan general, que casi no existe objeto en toda la creación que no se encuentre comprendido en ella (excepto lo definido como conglomerado).

Las relaciones a que nos referimos son aquellas que “amarran” al sistema, son los lazos de interacción a través de los cuales las partes modifican a otras y son modificadas a su vez, dando como resultado la conducta del sistema. Por esta razón, estas relaciones constituyen la verdadera esencia del sistema y su ruptura trae consigo la ruptura del sistema como tal.

Sin embargo, es imposible decir que para cualquier conjunto de objetos exista una interrelación, ya que por el simple hecho de existir físicamente en algún contexto, existen fuerzas de atracción y de repulsión. También existen relaciones, como la distancia entre dos objetos de un conjunto.

Sin embargo, para los efectos del análisis es conveniente hacer una subdivisión entre los sistemas. Esta subdivisión ha dado origen a dos tipos de sistemas: los sistemas cerrados y los sistemas abiertos. Si bien es cierto que todos los estudiosos de sistemas están de acuerdo con esta división e, incluso, con estos nombres, no todos concuerdan en la definición de ellos. Por ejemplo, Forrester, define *sistema cerrado* a aquel cuya corriente de salida, es decir, su producto, modifica su corriente de entrada, es decir, sus insumos. Un ***sistema abierto*** es aquel cuya corriente de salida no modifica a la corriente de entrada. Un ejemplo del primer paso lo tenemos en el sistema de calefacción en que la corriente de salida, calor, modifica la información que recibe el regulador del sistema, el termostato. Un ejemplo del segundo sistema (sistema abierto) sería un estanque de agua, en el que la salida de agua no tiene ninguna relación directa con la entrada de agua al estanque.

Sin embargo, la mayoría de los autores y estudiosos de la Teoría General de Sistemas aceptan características enunciadas por Von Bertalanffy (que fue el creador de la Teoría del Sistema abierto) que señalan que un sistema cerrado es aquel que no intercambia energía con su medio (ya sea de importación o de exportación) y el sistema abierto es el que transa con su medio.

Finalmente, Parsegian, define un sistema abierto como aquel que:

- Existe intercambio de energía y de información entre el subsistema (sistema) y su medio o entorno.

- El intercambio es de tal naturaleza que logra mantener alguna forma de equilibrio continuo (o estado permanente), y

- Las relaciones con el entorno son tales que admiten cambios y adaptaciones, tales como el crecimiento en el caso de los organismos biológicos.

Otro ejemplo típico de sistema abierto es el hombre, ya que para mantener sus funciones y su crecimiento, su adaptabilidad debe ser energizada por corrientes del medio (oxígeno, alimento, bebida, etc.), que son externas al sistema mismo.

> "Así, un sistema abierto lo definiremos como aquel sistema que interactúa con su medio, importando energía, transformando de alguna forma esa energía y finalmente exportando la energía convertida. Un sistema será cerrado cuando no es capaz de llevar a cabo esta actividad por su cuenta."

De acuerdo con estas definiciones, los sistemas abiertos serían, en general, todos los sistemas vivos (plantas, insectos, células, animales, hombres, grupos sociales, etc.) mientras que los sistemas cerrados estarían representados por todos los sistemas físicos (máquinas, minerales, y en general, objetos que no contienen materias vivas).

Totalidades relacionales.

Kurt Lewin[1], el famoso psicólogo fundador de la escuela basada en la "teoría de los campos" (Field Theory) para el estudio del comportamiento humano y de grupos señalaba que "lo que resulta importante en la teoría del campo es la forma en que procede el análisis. En vez de escoger uno u otro elemento aislado dentro de una situación, la importancia del cual no puede ser juzgada sin tomar en cuenta la situación como un todo, la teoría del campo encuentra ventajoso, como regla, comenzar por la caracterización de la situación como un todo. Después de la primera aproximación, los diversos aspectos y partes de la situación son sometidos a un análisis cada vez más específico y detallado. Es obvio que este método es la mejor manera para no errar el camino, engañados por uno u otro elemento de la situación". Sin duda que Lewin pensaba ya en la idea integracionista, porque se enfrentaba a un objeto de estudio: el hombre y/o los grupos, que son sistemas bastante más complejos que un pedazo de mineral o una célula.

Por ejemplo, un concepto ***totalizante*** es indispensable en biología: el organismo; el concepto de individuo en psicología; el concepto de instituciones y clases sociales en sociología; el concepto de nación en las ciencias políticas contemporáneas; el concepto de cultura en antropología. Cada uno de estos sistemas (o ***totalidades***) se presenta en forma natural, simplemente, porque lo percibimos así. Reconocemos a un organismo, a un individuo, a una nación. Y podemos suponer que bajo circunstancias apropiadas actúan como totalidades. Sin embargo, si confinamos nuestra atención exclusivamente a los modelos generales observables de estos "todos" no haremos grandes progresos en la comprensión de sus comportamientos. Obtenemos una comprensión más profunda de cómo un organismo realiza una acción si comprendemos cómo los componentes del acto están integrados por su sistema nervioso. También obtenemos un mayor conocimiento de por qué un país reacciona de un manera determinada ante los actos de otras naciones, si comprendemos cómo se toman

[1] Kart Lewin, Introducción a la Dinámica de Grupos, México, 1969.

las decisiones por parte de sus instituciones políticas y cómo son implementadas, es decir, cómo la acción de quizá millones de individuos se combina para resultar en un acto atribuible a la nación como un todo.

En otras palabras, no sólo es necesario definir la totalidad sino también las partes constituyentes y las interacciones de éstas.

2.4.2 La búsqueda de analogías

Isomorfismos

Iso: Igual; ***morfos***: morfología, forma. Elementos que tienen la misma forma o apariencia.

Es frecuente ver aparecer leyes similares de sistemas en varias ciencias. Lo mismo pasa con los fenómenos cuyos principios generales son describibles en lenguaje ordinario aunque no sean formulables en términos matemáticos. Por ej., procesos como la formación de un animal completo a partir de un germen dividido de erizo de mar a salamandra, el restablecimiento de la función normal en el sistema nervioso central después de quitar o lesionar algunas de sus partes, y la percepción de Gestalt en psicología, son gobernados por principios diferentes pero que exhiben sorprendentes similitudes. O bien, si investigamos la evolución de las lenguas germánicas observamos que, a partir de un lenguaje primitivo, se dieron mutaciones fonéticas paralelas en varias tribus, aunque muy separadas geográficamente: Islandia, las Islas Británicas, la Península Ibérica. Queda con ella excluida la influencia mutua; las lenguas se desarrollaron independientemente después de la separación de las tribus, pero aún así exhiben un paralelismo definido.

En casos sencillos es fácil dar con la razón del isomorfismo. Por ej., la ley exponencial afirma que, dado un complejo de cierto número de entidades, un porcentaje constante de estos elementos se desintegran o se multiplican por unidad de tiempo. De ahí que tal ley sea aplicable al dinero de una cuenta bancaria así como a los átomos de radio, a moléculas, a bacterias o a individuos de una población.

El isomorfismo hallado entre diferentes terrenos se funda en la existencia de principios generales de sistemas, de una “teoría general de sistemas” más o menos bien desarrollada.

Las limitaciones de esta concepción, por otra parte, salen a relucir distinguiendo tres clases o niveles en la descripción de los fenómenos.

Primero están las ***analogías***, o sea las similitudes superficiales entre fenómenos

que no se corresponden ni en factores causales ni en las leyes pertinentes. De este género son los *simulacra vital*, otrora populares, así cuando se comparaba el crecimiento de un organismo con el de un cristal o el de una celda osmótica.

Otro nivel son las ***homologías***. Están presentes cuando difieren los factores eficientes, pero las leyes respectivas son formalmente idénticas. Son ejemplos, la consideración del fluir del calor como el fluir de una sustancia o la comparación de la corriente eléctrica con la de un líquido.

El tercer nivel es la ***explicación***, es decir, el enunciado de condiciones y leyes específicas que son válidas para un objeto separado o para una clase de objetos.

Las analogías son científicamente inválidas. En cambio, las homologías a menudo proporcionan modelos valiosos; de ahí su amplia aplicación en física. De modo similar, la teoría general de los sistemas puede servir de dispositivo regulador para discernir analogías y homologías, parecidos sin sentido y traslados significativos de modelos.

Hablando filosóficamente, la teoría general de sistemas, en su forma desarrollada, reemplazaría lo que se conoce como “teoría de las categorías” por un sistema exacto de leyes lógico-matemáticas. Nociones generales aún expresadas en la lengua común y corriente adquirirían la expresión exacta posible sólo en lenguaje matemático.

Las formas más sencillas de crecimiento, son la exponencial y la logística, las cuales se prestan mejor a exhibir el isomorfismo entre leyes en diferentes campos. Entre otros muchos, son ejemplos el incremento del conocimiento del número de especies animales, las publicaciones sobre la domesticación, etc.

La TGS, trata de estudiar analogías y comparaciones entre diversos campos de aplicación y así evitar la superficialidad científica. Aquí se encuentran los *isomorfismos*.

Los isomorfismos consisten en el establecimiento y utilización de leyes similares de sistemas en varias ciencias, para fines completamente diferentes.

Sistemas generales

El análisis de los principios generales de los sistemas muestra que muchos conceptos que a menudo han sido tenidos por antropomórficos, metafísicos o vitalistas son susceptibles de formulación exacta. Son consecuencias de la definición de sistemas o de determinadas condiciones de sistemas.

Semejante investigación es un útil requisito previo con respecto a problemas concretos de la ciencia. En particular, conduce a la aclaración de cuestiones que no son tenidas en cuenta en los campos especializados. O sea que la teoría de los sistemas debiera ser un recurso importante en el proceso de desarrollo de nuevas ramas del conocimiento a la categoría de ciencias exactas, de sistemas de leyes matemáticas.

Esta investigación es igualmente importante para la filosofía de la ciencia, algunos de cuyos principales problemas adquieren aspectos nuevos y a menudo sorprendentes.

El hecho de que ciertos principios se apliquen a los sistemas en general, sin importar la naturaleza de los mismos ni las entidades de las que se trate, explica que aparezcan en diferentes campos de la ciencia concepciones y leyes que se corresponden, provocando el notable paralelismo que hay en su desarrollo moderno.

Así, conceptos como los de totalidad y suma, mecanización, centralización, orden jerárquico, estados estacionarios y uniformes, equifinalidad, etc., surgen en diferentes campos de la ciencia natural, al igual que en psicología y en sociología.

2.5 Aportes semánticos

Las sucesivas especializaciones de las ciencias obligan a la creación de nuevas palabras, estas se acumulan durante sucesivas especializaciones, llegando a formar casi un verdadero lenguaje que sólo es manejado por los especialistas.

De esta forma surgen problemas al tratarse de proyectos interdisciplinarios, ya que los participantes del proyecto son especialistas de diferentes ramas de la ciencia y cada uno de ellos maneja una semántica diferente a los demás.

La Teoría General de Sistemas, para solucionar estos inconvenientes, pretende introducir una semántica científica de utilización universal.

En nuestro caso necesitamos apropiarnos de dichos conceptos no sólo para establecer la fundamentación de la teoría general de sistemas, objetivo fundamental de esta unidad; sino para comprender sus alcances, aplicaciones y tendencias en los campos que de ahora en adelante nos pueden ocupar o interesar.

2.5.1 Sistema

Es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo.

Cabe aclarar que las cosas o partes que componen al sistema, no se refieren al campo físico (objetos), sino mas bien al funcional. De este modo las cosas o partes pasan a ser funciones básicas realizadas por el sistema. Podemos enumerarlas en: entradas, procesos y salidas.

2.5.2 Entradas

Las entradas son los ingresos del sistema que pueden ser recursos materiales, recursos humanos o información.

Las entradas constituyen la fuerza de arranque que suministra al sistema sus necesidades operativas.

Las entradas pueden ser:

- ***En serie***: es el resultado o la salida de un sistema anterior con el cual el sistema en estudio está relacionado en forma directa.
- ***Aleatoria***: es decir, al azar, donde el termino "azar" se utiliza en el sentido estadístico. Las entradas aleatorias representan entradas potenciales para un sistema.
- ***Realimentación***: es la entrada de una parte de las salidas del sistema en sí mismo.

2.5.3 Proceso

El proceso es lo que transforma una entrada en salida, como tal puede ser una máquina, un individuo, una computadora, un producto químico, una tarea realizada por un miembro de la organización, etc.

En la transformación de entradas en salidas debemos saber siempre cómo se efectúa esa transformación.

Con frecuencia el procesador puede ser diseñado por el administrador. En tal caso, este proceso se denomina "caja blanca". No obstante, en la mayor parte de las situaciones no se conoce en sus detalles el proceso mediante el cual las entradas se transforman en salidas, porque esta transformación es demasiado compleja. Diferentes combinaciones de entradas o su combinación en diferentes órdenes de secuencia pueden originar diferentes situaciones de salida. En tal caso la función de proceso se denomina una "caja negra".

2.5.4 Caja Negra

La caja negra se utiliza para representar a los sistemas cuando no sabemos que elementos o cosas componen al sistema o proceso, pero sabemos que a determinadas corresponden determinadas salidas y con ello poder inducir,

presumiendo que a determinados estímulos, las variables funcionaran en cierto sentido.

2.5.5 Salidas

Las salidas de los sistemas son los resultados que se obtienen de procesar las entradas. Al igual que las entradas estas pueden adoptar la forma de productos, servicios e información. Las mismas son el resultado del funcionamiento del sistema o, alternativamente, el propósito para el cual existe el sistema.

Las salidas de un sistema se convierte en entrada de otro, que la procesará para convertirla en otra salida, repitiéndose este ciclo indefinidamente.

2.5.6 Relaciones

Las relaciones son los enlaces que vinculan entre sí a los objetos o subsistemas que componen a un sistema complejo.

Podemos clasificarlas en :

- ***Simbióticas:*** es aquella en que los sistemas conectados no pueden seguir funcionando solos. A su vez puede subdividirse en unipolar o parasitaria, que es cuando un sistema (parásito) no puede vivir sin el otro sistema (planta); y bipolar o mutual, que es cuando ambos sistemas dependen entre si.
- ***Sinérgica:*** es una relación que no es necesaria para el funcionamiento pero que resulta útil, ya que su desempeño mejora sustancialmente al desempeño del sistema. Sinergia significa "acción combinada". Sin embargo, para la teoría de los sistemas el término significa algo más que el esfuerzo cooperativo. En las relaciones sinérgicas la acción cooperativa de subsistemas semi-independientes, tomados en forma conjunta, origina un producto total mayor que la suma de sus productos tomados de una manera independiente.
- ***Superflua:*** Son las que repiten otras relaciones. La razón de las relaciones superfluas es la confiabilidad. Las relaciones superfluas aumentan la probabilidad de que un sistema funcione todo el tiempo y no una parte del mismo. Estas relaciones tienen un problema que es su costo, que se suma al costo del sistema que sin ellas puede funcionar.

2.5.7 Atributos

Los atributos de los sistemas, definen al sistema tal como lo conocemos u observamos.

Los atributos pueden ser:

- ***Atributos definidores***: son aquellos sin los cuales una entidad no sería designada o definida tal como se lo hace.
- ***Atributos concomitantes***: en cambio son aquellos que cuya presencia o ausencia no establece ninguna diferencia con respecto al uso del término que describe la unidad.

2.5.8 Contexto

Un sistema siempre estará relacionado con el contexto que lo rodea, o sea, el conjunto de objetos exteriores al sistema, pero que influyen decididamente a éste, y a su vez el sistema influye, aunque en una menor proporción, influye sobre el contexto; se trata de una relación mutua de contexto-sistema.

Tanto en la Teoría de los Sistemas como en el método científico, existe un concepto que es común a ambos: el foco de atención, el elemento que se aísla para estudiar.

El contexto a analizar depende fundamentalmente del foco de atención que se fije. Ese foco de atención, en términos de sistemas, se llama límite de interés.

Para determinar este límite se considerarían dos etapas por separado:

- ***La determinación del contexto de interés***: Se suele representar como un círculo que encierra al sistema, y que deja afuera del límite de interés a la parte del contexto que no interesa al analista.

- ***La determinación del alcance del límite de interés entre el contexto y el sistema***. En lo que hace a las relaciones entre el contexto y los sistemas y viceversa. Es posible que sólo interesen algunas de estas relaciones, con lo que habrá un límite de interés relacional.

Determinar el límite de interés es fundamental para marcar el foco de análisis, puesto que sólo será considerado lo que quede dentro de ese límite.

Entre el sistema y el contexto, determinado con un límite de interés, existen infinitas relaciones. Generalmente no se toman todas, sino aquellas que interesan al análisis, o aquellas que probabilísticamente presentan las mejores características de predicción científica.

2.5.9 Rango

En el universo existen distintas estructuras de sistemas y es factible ejercitar en ellas un proceso de definición de rango relativo. Esto produciría una jerarquización de las distintas estructuras en función de su grado de complejidad.

Cada rango o jerarquía marca con claridad una dimensión que actúa como un indicador de las diferencias que existen entre los subsistemas respectivos.

Esta concepción denota que un sistema de nivel 1 es diferente de otro de nivel 8 y que, en consecuencia, no pueden aplicarse los mismos modelos, ni métodos análogos a riesgo de cometer evidentes falacias metodológicas y científicas.

Para aplicar el concepto de rango, el foco de atención debe utilizarse en forma alternativa: se considera el contexto y a su nivel de rango o se considera al sistema y su nivel de rango.

Refiriéndonos a los rangos hay que establecer los distintos subsistemas. Cada sistema puede ser fraccionado en partes sobre la base de un elemento común o en función de un método lógico de detección.

El concepto de rango indica la jerarquía de los respectivos subsistemas entre sí y su nivel de relación con el sistema mayor.

2.5.10 Subsistemas

En la misma definición de sistema, se hace referencia a los subsistemas que lo componen, cuando se indica que el mismo esta formado por partes o cosas que forman el todo.

Estos conjuntos o partes pueden ser a su vez sistemas (en este caso serían subsistemas del sistema de definición), ya que conforman un todo en sí mismos y estos serían de un rango inferior al del sistema que componen.

Estos subsistemas forman o componen un sistema de un rango mayor, el cual para los primeros se denomina *macrosistema*.

2.5.11 Variables

Cada sistema y subsistema contiene un proceso interno que se desarrolla sobre la base de la acción, interacción y reacción de distintos elementos que deben necesariamente conocerse.

Dado que dicho proceso es dinámico, suele denominarse como variable, a cada elemento que compone o existe dentro de los sistemas y subsistemas.
Pero no todo es tan fácil como parece a simple vista ya que no todas las variables tienen el mismo comportamiento sino que, por lo contrario, según el proceso y las características del mismo, asumen comportamientos diferentes dentro del mismo proceso de acuerdo al momento y las circunstancias que las rodean.

2.5.12 Parámetro

Uno de los comportamientos que puede tener una variable es el de parámetro, que es cuando una variable no tiene cambios ante alguna circunstancia específica, no quiere decir que la variable es estática ni mucho menos, ya que sólo permanece inactiva o estática frente a una situación determinada.

2.5.13 Operadores

Otro comportamiento es el de operador, que son las variables que activan a las demás y logran influir decisivamente en el proceso para que este se ponga en marcha. Se puede decir que estas variables actúan como líderes de las restantes y por consiguiente son privilegiadas respecto a las demás variables. Cabe aquí una aclaración: las restantes variables no solamente son influidas por los operadores, sino que también son influenciadas por el resto de las variables y estas tienen también influencia sobre los operadores.

2.5.14 Realimentación (Retroalimentación)

A lo largo de este módulo desarrollaremos el término *Realimentación*, lo que en textos y bibliografía consultados denominan retroalimentación.

Esto por una aclaración que me hicieran llegar muy a tiempo: La idea general heredada de la cibernética propone el feedback como la estructura que permite que una salida del sistema vuelva a este como una entrada y en consecuencia dicho vocablo no debería traducirse de esa manera (retroalimentación) sino como realimentación, pues a diferencia del prefijo “*retro”*, que indica volver hacia atrás, el prefijo *“re”* quiere decir que hay una reiteración y no una vuelta atrás, en el tiempo. Además la palabra retroacción significa según la real academia española “Acción hacia atrás. Acción que el resultado de un proceso material ejerce sobre el sistema, físico o biológico, que lo origina”. La palabra retroalimentación no existe en dicho diccionario, y realimentación: “Retorno de parte de la salida de un circuito o sistema a su propia entrada”.

Hecha esta aclaración, continuamos con el concepto.

La realimentación se produce cuando las salidas del sistema o la influencia de las salidas del sistemas en el contexto, vuelven a ingresar al sistema como recursos o información.

La realimentación permite el control de un sistema y que el mismo tome medidas de corrección en base a la información realimentada.

2.5.15 Feed-forward o alimentación delantera

Es una forma de control de los sistemas, donde dicho control se realiza a la entrada del sistema, de tal manera que el mismo no tenga entradas corruptas o malas, de esta forma al no haber entradas malas en el sistema, las fallas no serán consecuencia de las entradas sino de los proceso mismos que componen al sistema.

2.5.16 Homeostasis y entropía

La homeostasis es la propiedad de un sistema que define su nivel de respuesta y de adaptación al contexto.

Es el nivel de adaptación permanente del sistema o su tendencia a la supervivencia dinámica. Los sistemas altamente homeostáticos sufren transformaciones estructurales en igual medida que el contexto sufre transformaciones, ambos actúan como condicionantes del nivel de evolución.

La entropía de un sistema es el desgaste que el sistema presenta por el transcurso del tiempo o por el funcionamiento del mismo. Los sistemas altamente entrópicos tienden a desaparecer por el desgaste generado por su proceso sistémico. Los mismos deben tener rigurosos sistemas de control y mecanismos de revisión, reelaboración y cambio permanente, para evitar su desaparición a través del tiempo.

En un sistema cerrado la entropía siempre debe ser positiva. Sin embargo en los sistemas abiertos biológicos o sociales, la entropía puede ser reducida o mejor aun transformarse en entropía negativa, es decir, un proceso de organización más completo y de capacidad para transformar los recursos. Esto es posible porque en los sistemas abiertos los recursos utilizados para reducir el proceso de entropía se toman del medio externo. Asimismo, los sistemas vivientes se mantienen en un estado estable y pueden evitar el incremento de la entropía y aun desarrollarse hacia estados de orden y de organización creciente.

2.5.17 Permeabilidad

La permeabilidad de un sistema mide la interacción que este recibe del medio, se dice que a mayor o menor permeabilidad del sistema el mismo será mas o menos abierto.

Los sistemas que tienen mucha relación con el medio en el cual se desarrollan son sistemas altamente permeables, estos y los de permeabilidad media son los llamados sistemas abiertos. Por el contrario los sistemas de permeabilidad casi nula se denominan sistemas cerrados.

2.5.18 Integración e independencia

Se denomina sistema integrado a aquel en el cual su nivel de coherencia interna hace que un cambio producido en cualquiera de sus subsistemas produzca cambios en los demás subsistemas y hasta en el sistema mismo.

Un sistema es independiente cuando un cambio que se produce en él, no afecta a otros sistemas.

2.5.19 Centralización y descentralización

Un sistema se dice centralizado cuando tiene un núcleo que comanda a todos los demás, y estos dependen para su activación del primero, ya que por sí solos no son capaces de generar ningún proceso.

Por el contrario los sistemas descentralizados son aquellos donde el núcleo de comando y decisión está formado por varios subsistemas. En dicho caso el sistema no es tan dependiente, sino que puede llegar a contar con subsistemas que actúan de reserva y que sólo se ponen en funcionamiento cuando falla el sistema que debería actuar en dicho caso.

Los sistemas centralizados se controlan más fácilmente que los descentralizados, son más sumisos, requieren menos recursos, pero son más lentos en su adaptación al contexto. Por el contrario los sistemas descentralizados tienen una mayor velocidad de respuesta al medio ambiente pero requieren mayor cantidad de recursos y métodos de coordinación y de control más elaborados y complejos.

2.5.20 Adaptabilidad

Es la propiedad que tiene un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a las modificaciones que sufre el contexto.

Esto se logra a través de un mecanismo de adaptación que permita responder a los cambios internos y externos a través del tiempo.

Para que un sistema pueda ser adaptable debe tener un fluido intercambio con el medio en el que se desarrolla.

2.5.21 Mantenibilidad

Es la propiedad que tiene un sistema de mantenerse constantemente en funcionamiento. Para ello utiliza un mecanismo de mantenimiento que asegure que los distintos subsistemas están balanceados y que el sistema total se mantiene en equilibrio con su medio.

2.5.22 Estabilidad

Un sistema se dice estable cuando puede mantenerse en equilibrio a través del flujo continuo de materiales, energía e información.

La estabilidad de los sistemas ocurre mientras los mismos pueden mantener su funcionamiento y trabajen de manera efectiva (mantenibilidad).

2.5.23 Armonía

Es la propiedad de los sistemas que mide el nivel de compatibilidad con su medio o contexto.

Un sistema altamente armónico es aquel que sufre modificaciones en su estructura, proceso o características en la medida que el medio se lo exige y es estático cuando el medio también lo es.

2.5.24 Optimización y sub-optimización

Optimización modificar el sistema para lograr el alcance de los objetivos.

Suboptimización en cambio es el proceso inverso, se presenta cuando un sistema no alcanza sus objetivos por las restricciones del medio o porque el sistema tiene varios objetivos y los mismos son excluyentes, en dicho caso se deben restringir los alcances de los objetivos o eliminar los de menor importancia si estos son excluyentes con otros más importantes.

2.5.25 Éxito

El éxito de los sistemas es la medida en que los mismos alcanzan sus objetivos.

La falta de éxito exige una revisión del sistema ya que no cumple con los objetivos propuestos para el mismo, de modo que se modifique dicho sistema de forma tal que el mismo pueda alcanzar los objetivos determinados.

2.6 Aportes metodológicos

2.6.1 Jerarquía de los sistemas

Al considerar los distintos tipos de sistemas del universo Kennet Boulding proporciona una clasificación útil de los sistemas donde establece los siguientes niveles jerárquicos:

Tabla 5. Jerarquía de los sistemas (Boulding, 1956)

Nivel	***Explicación***	***Descripción y ejemplos***	***Teoría y modelos***
1. Estructuras estáticas	Se le puede llamar nivel de los marcos de referencia.	Átomos, moléculas, cristales, estructuras biológicas, del nivel microscópico electrónico al macroscópico.	Fórmulas estructurales de la química, cristalografía, descripciones anatómicas.
2. Relojería	Sistema dinámico simple. Considera movimientos necesarios y predeterminados. Se puede denominar reloj de trabajo.	Relojes máquinas ordinarias en general; sistemas solares.	Física ordinaria, tal como las leyes de la mecánica (newtoniana y einsteniana) y otras.
3. Mecanismos de control	O sistema cibernético. El sistema se autorregula para mantener su equilibrio.	Termostato, servomecanismos, mecanismo homeostático en los organismos.	Cibernética: realimentación y teoría de la información.
4. Sistemas abiertos	O autoestructurado. En este nivel se comienza a diferenciar la vida. Puede de considerarse nivel de célula.	Llamas, células y organismos en general.	Expansión de la teoría física a sistemas que sostienen paso de materia (metabolismo). Almacenamiento de información en el código genético (ADN).
5. Organismos inferiores	Genético-social. Está caracterizado por las plantas.	Organismos vegetaloides: diferenciación creciente del sistema, distinción entre reproducción e individuo funcional.	Casi no hay teorías ni modelos.
6. Animales	Sistema animal. Se caracteriza por su creciente movilidad, comportamiento teleológico y su autoconciencia.	Importancia creciente del tráfico de la información; aprendizaje; comienzos de consciencia.	Comienzos en la teoría de los autómatas, realimentación, comportamiento autónomo.
7. Hombre	Sistema humano. Es el nivel del ser individual, considerado como un sistema con conciencia y habilidad para utilizar el lenguaje y símbolos.	Simbolismo; pasado y porvenir, yo y mundo, consciencia de sí. Consecuencias: comunicación por lenguaje.	Incipiente teoría del simbolismo.
8. Sistemas socio culturales	Sistema social o sistema de organizaciones humanas. Considera el contenido y significado de mensajes, la naturaleza y dimensiones del sistema de valores, la transcripción de	Poblaciones de organismos (incluyendo los humanos); comunidades determinadas por símbolos (culturas).	Leyes estadísticas y posiblemente dinámicas en sociología, economía, historia. Comienzos de una teoría de los sistemas culturales.

Nivel	*Explicación*	*Descripción y ejemplos*	*Teoría y modelos*
	imágenes en registros históricos, sutiles simbolizaciones artísticas, música, poesía y la compleja gama de emociones humanas.		
9. Sistemas simbólicos	Sistemas trascendentales. Son los últimos y absolutos, los ineludibles y desconocidos, los cuales también presentan estructuras sistemáticas e interrelaciones.	Lenguaje, lógica, matemáticas, ciencias, artes, moral, etc.	Algoritmos de símbolos, reglas del juego como en artes visuales, música, etc.

2.6.2 Teoría analógica o modelo de isomorfismo sistémico

Aquí retomamos el tema de isomorfismos, vistos recientemente, y lo estudiamos como una teoría y/o modelo establecido.

Este modelo busca integrar las relaciones entre fenómenos de las distintas ciencias. La detección de estos fenómenos permite el armado de modelos de aplicación para distintas áreas de las ciencias.

Esto, que se repite en forma permanente, exige un análisis iterativo que responde a la idea de modularidad que la teoría de los sistemas desarrolla en sus contenidos.

Se pretende por comparaciones sucesivas, una aproximación metodológica, a la vez que facilitar la identificación de los elementos equivalentes o comunes, y permitir una correspondencia biunívoca entre las distintas ciencias.

Como evidencia de que existen propiedades generales entre distintos sistemas, se identifican y extraen sus similitudes estructurales.

Estos elementos son la esencia de la aplicación del modelo de isomorfismo, es decir, la correspondencia entre principios que rigen el comportamiento de objetos que, si bien intrínsecamente son diferentes, en algunos aspectos registran efectos que pueden necesitar un mismo procedimiento.

2.6.3 Modelo procesal o del sistema adaptativo complejo

Este modelo implica por asociación la aplicación previa del modelo del rango. Dado que las organizaciones se encuentran dentro del nivel 8, critica y logra la

demolición de los modelos existentes tanto dentro de la sociología como dentro de la administración.

Buckley, categoriza a los modelos existentes en dos tipos:

- Aquellos de extracción y origen mecánico, a los que denomina modelo de equilibrio.
- Aquellos de extracción y origen biológico, a los que llama modelos organísmicos u homeostáticos.

Y dice:

"...el modelo de equilibrio es aplicable a tipos de sistemas que se caracterizan por perder organización al desplazarse hacia un punto de equilibrio y con posterioridad tienden a mantener ese nivel mínimo dentro de perturbaciones relativamente estrechas. Los modelos homeostáticos son aplicables a sistemas que tienden a mantener un nivel de organización dado relativamente elevado a pesar de las tendencias constantes a disminuirlo. El modelo procesal o de sistema complejo adaptativo se aplica a los sistemas caracterizados por la elaboración o la evolución de la organización; como veremos se benefician con las perturbaciones y la variedad del medio y de hecho dependen de estas".

Mientras que ciertos sistemas tienen una natural tendencia al equilibrio, los sistemas del nivel 8 se caracterizan por sus propiedades morfogénicas, es decir que en lugar de buscar un equilibrio estable tienden a una permanente transformación estructural. Este proceso de transformación estructural permanente, constituye el pre-requisito para que los sistemas de nivel 8 se conserven en forma activa y eficiente, en suma es su razón de supervivencia.

2.6.4 Metodología de aplicación de la TGS, para el análisis y diseño de sistemas

Compuesta de las siguientes etapas:

Análisis de situación: es la etapa en que el analista toma conocimiento del sistema, se ubica en cuanto a su origen, objetivo y trayectoria.

1. ***Definición de objetivo***: el analista trata de determinar para que ha sido requerido ya que en general se le plantean los efectos pero no las causas.
2. ***Formulación del plan de trabajo***: el analista fija los límites de interés del estudio a realizar, la metodología a seguir, los recursos materiales y humanos que necesitará, el tiempo que insumirá el trabajo y el costo del mismo. Esta etapa se conoce como propuesta de servicio y a partir de su aprobación se continúa con la metodología.

3. ***Relevamiento***: el analista recopila toda la información referida al sistema en estudio, como así también toda la información que hace al límite de interés.
4. ***Diagnóstico***: el analista mide la eficacia y la eficiencia del sistema en estudio. Eficacia es cuando el sistema logra los objetivos y eficiencia es cuando el sistema logra los objetivos con una relación costo beneficio positiva. Si un sistema es eficaz pero no eficiente el analista deberá cambiar los métodos del sistema, si un sistema no es eficaz el analista deberá cambiar el sistema y si un sistema es eficiente el analista sólo podrá optimizarlo.
5. ***Diseño***: el analista diseña el nuevo sistema.
   - *Diseño global*: en el determina la salida, los archivos, las entradas del sistema, hace un cálculo de costos y enumera los procedimientos. El diseño global debe ser presentado para su aprobación, aprobado el diseño global pasamos al siguiente paso.
   - *Diseño detallado*: el analista desarrolla en detalle la totalidad de los procedimientos enumerados en el diseño global y formula la estructura de organización la cual se aplicara sobre dichos procedimientos.
6. ***Implementación***: la implementación del sistema diseñado significa llevar a la práctica al mismo, esta puesta en marcha puede hacerse de tres formas.
   - Global.
   - En fases.
   - En paralelo.
7. ***Seguimiento y control***: El analista debe verificar los resultados del sistema implementado y aplicar las acciones correctivas que considere necesarias para ajustar el problema.

Actividad de refuerzo:
En este capítulo se han trabajado varios aspectos importantes, que no se pueden pasar por alto:

- El primero es lo concerniente al ejercicio inicial planteado, en donde se verifican los diferentes enfoques formales de la TGS y sus campos de aplicación.
  Aquí retome el cuadro inicial, de las ciencias, áreas o temáticas que Usted había seleccionado, escoja una en la que haya acertado, si no hay ninguna, por favor seleccione una de las planteadas en la temática 2.2. Luego con ella relacione cinco ejemplos puntuales de sistemas correspondientes al área en cuestión.
  Es decir si seleccionó como área la Ingeniería de Sistemas, un ejemplo de sistema puede ser: “sistema de información para el registro y control de temperatura y humedad en un invernadero de XXX”
  Tenga en cuenta el primer cuadro de los registrados a continuación.
- El segundo aspecto tiene que ver con los aportes semánticos y metodológicos que hace la TGS a todos los campos del saber. Es necesario que los identifique y se apropie de ellos, pues son garantía fundamental para el logro de los objetivos del curso.
  De esta forma una opción para que refuerce estos conceptos es la siguiente:
  Seleccione uno de los cinco sistemas planteados en el punto anterior, tenga en cuenta que su análisis sea accesible, e identifique uno a uno los 25 aportes metodológicos trabajados en el capítulo. El segundo cuadro es para ello.

Ciencia o área temática seleccionada: (p.ej Ingeniería de Sistemas)	
Sistema No. 1	Sistema de información para el registro y control de temperatura y humedad en un invernadero XXX
Sistema No. 2	...
Sistema No. 3	...
Sistema No. 4	...
Sistema No. 5	...
Sistema No. Etc	...

Sistema seleccionado:	
Aporte semántico	***Descripción***
1.Sistema	Sistema de información para el registro y control de temperatura y humedad en un invernadero
2.Entradas	Temperatura, humedad
3.Proceso	...
4.Caja negra	...
5.Salidas	
6.Relaciones	
7.Atributos	
8.Contexto	
9.Rango	
10.Subsistemas	
11.Variables	
12.Parámetros	
13.Operadores	
14.Realimentación	
15.Feed-forward o alimentación delantera	
16.Homeóstasis y entropía	
17.Permeabilidad	
18.Integración e independencia	
19.Centralización y descentralización	
20.Adaptabilidad	
21.Mantenibilidad	
22.Estabilidad	
23.Armonía	
24.Optimización y sub-optimización	
25.Éxito	

CAPÍTULO 3. SISTEMAS

Activación cognitiva:
Un estudio de sistemas, que comprende aproximación conceptual, sus características y propiedades tuvo que haberse dado en algún momento, antes de abordar este curso académico. Si esto no se ha dado, no importa, es hora de hacerlo. Necesita investigar bibliografía impresa y/o virtual en donde se desarrolle la temática.
Sugiero algunas:
CHECKLAND, Peter (2004). *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas.* México: Limusa - Noriega Editores.
JOHANSEN, Oscar (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas.* México: Limusa – Noriega Editores.
VAN GIGCH, JOHN P (2000). *Teoría general de Sistemas*. México: Trillas.
http://www.monografias.com/trabajos10/gesi/gesi.shtml
http://www.monografias.com/trabajos14/teoria-sistemas/teoria-sistemas.shtml
http://www.monografias.com/trabajos10/tegen/tegen.shtml
Una vez nivelados, es importante que establezca claramente la diferencia entre los diferentes tipos de sistemas.
Ahora, tome cinco ejemplos en su entorno social o laboral de diferentes clases de sistema, utilice la siguiente tabla como guía para el registro de la información:

Sistema	*Clase*	*Descripción/ Justificación*
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Para abrir este capítulo, y teniendo en cuenta la trascendencia del "concepto", que a mi parecer más que una definición es todo un movimiento, quiero transcribir el siguiente texto del libro de Bertalanffy, el cual demuestra su impacto e importancia.

"Si alguien se pusiera a analizar las nociones y muletillas de moda hoy por hoy, en la lista aparecería *sistemas* entre los primeros lugares. El concepto ha invadido todos los campos de la ciencia y penetrado en el pensamiento y el habla populares y en los medios de comunicación de masas. El razonamiento en términos de sistemas desempeña un papel dominante en muy variados campos, desde las empresas industriales y los armamentos hasta temas reservados a la ciencia pura. Se le dedican innumerables publicaciones, conferencias, simposios y cursos. En años recientes han aparecido profesiones y ocupaciones, desconocidas hasta hace nada, que llevan nombres como proyecto de sistemas, análisis de sistemas, ingeniería de sistemas y así por el estilo. Constituyen el meollo de una tecnología y una tecnocracia nuevas; quienes las ejercen son los

nuevos utopistas de nuestro tiempo, quienes están creando un nuevo mundo feliz o no."[2]

3.1 Definición

Recordemos la definición que nos plantea la TGS como aporte semántico:

"Es un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo.

Cabe aclarar que las cosas o partes que componen al sistema, no se refieren al campo físico (objetos), sino mas bien al funcional. De este modo las cosas o partes pasan a ser funciones básicas realizadas por el sistema. Podemos enumerarlas en: entradas, procesos y salidas."

Siendo actualmente los sistemas tan de moda, abundan las definiciones. El concepto de sistemas ha sido utilizado por dos líneas de pensamiento diferentes.

La primera es la teoría de sistemas generales, corriente iniciada por Bertalanffy y continuada por Boulding y otros (es la línea que nos compromete en este curso académico). El esfuerzo central de este movimiento es llegar a la integración de las ciencias.

El segundo movimiento es bastante práctico y se conoce con el nombre de "ingeniería de sistemas" o "ciencias de sistemas" iniciada por la Investigación de Operaciones y seguida por la administración científica y finalmente por el análisis de sistemas (estas nos comprometen por ser de hecho nuestro proyecto de vida).

En general, podemos señalar que, ante la palabra "*sistemas*", todos los que la han definido están de acuerdo en que es un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos.

El ser humano, por ejemplo, es un sistema con muchas partes diferentes que contribuyen de distinta forma a mantener su vida, su reproducción y su acción.

Otra definición, que agrega algunas características adicionales, señala que un sistema es un grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida.

---

[2] VON BERTALANFFY, Ludwig (1994). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Fondo de cultura económica. p. 1

3.2 Sistemas input-output

Los conceptos de input y output nos aproximan instrumentalmente al problema de las fronteras y límites en sistemas abiertos. Se dice que los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.

Input hace referencia a que todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

Se denomina Output a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y reinputs (realimentación).

Veamos estos aspectos más ampliamente:

- **Las corrientes de entrada (INPUT)**

El funcionamiento de los sistemas requiere importar ciertos recursos del medio. Por ejemplo, el hombre requiere oxígeno, alimento, etc. Con el fin de utilizar un término que comprenda todos estos insumos, podemos emplear el concepto “energía”. Por lo tanto, los sistemas, a través de su corriente de entrada, reciben la energía necesaria para su funcionamiento y mantención. En una negociación se entenderá, por ejemplo, que la corriente de entrada son los mensajes que emita una de las partes a otra.

Proceso de conversión.

¿Hacia dónde va esa energía? La energía que importan los sistemas sirve para mover y hacer actuar sus mecanismos particulares con el fin de alcanzar los objetivos para los cuales fueron diseñados. En otras palabras, los sistemas convierten o transforman la energía (en sus diferentes formas) que importan en otro tipo de energía, que representa la producción característica del sistema particular. En la negociación, de acuerdo a la teoría de la comunicación, entenderíamos ese proceso de conversión como la decodificación del mensaje y la integración del mismo dentro del marco de referencia del receptor.

- **Corriente de salida (OUTPUT)**

La corriente de salida equivale a la “exportación” que el sistema hace al medio. En general, podemos dividir estas corrientes de salida como positivas y negativas para el medio y entorno, entendiéndose aquí por medio todos aquellos otros sistemas (o supersistemas) que utilizan de una forma u otra la energía que exporta ese sistema.

En general, podríamos decir que la corriente de salida es positiva cuando es “útil” a la comunidad y negativa en el caso contrario. En la negociación, cuando la respuesta al mensaje es "útil" para estabilizar el sistema y puede sostenerse. En ese sentido, no nos olvidemos que las partes negociadoras vienen a conformar un sistema, cuyo resultado dependerá si se mantiene o si se destruye. Paradójicamente, el objetivo del sistema "negociador" es destruir solidariamente o mancomunadamente el sistema, es decir, las partes negocian para no tener que encontrarse más en situación de conflicto. Sin embargo, el objetivo es destruir el sistema de tal manera que ambas partes estén satisfechas de haberlo destruido. Cuando sólo una de las partes queda satisfecha, no se ha producido una negociación, se ha producido un quiebre de voluntad o una imposición de poder, simplemente.

Cuando en un sistema particular, de acuerdo con los valores de un individuo o de una comunidad, la corriente de salida positiva es muy superior a la corriente de salida negativa, es probable que ese sistema cuente con la “legalización” de su existencia por parte del individuo y de la sociedad, en general.

Esta legalización del sistema, o mejor dicho de su corriente de salida, es vital, entonces, para la misma existencia del sistema. Dada la gran dependencia que tiene del medio (especialmente los sistemas sociales), la actividad positiva o negativa de ese medio hacia el sistema será el factor más importante para determinar la continuación de su existencia o su desaparición.

Podemos entonces hablar de “*sistema viable*” como aquel que sobrevive, es decir, que es legalizado por el medio y se adapta a él y a sus exigencias, de modo que con su exportación de corrientes positivas de salida al medio, esté en condiciones de adquirir en ese mismo medio sus corrientes de entrada (o la energía necesaria para el continuo desarrollo de su función de transformación).

3.2.1 Concepto y propiedades básicas

Stafford Beer define a un sistema viable como aquel que es capaz de adaptarse a las variaciones de un medio en cambio. Para que esto pueda ocurrir, el sistema debe poseer tres características básicas:

- Ser capaz de *autoorganizarse*, es decir, mantener una estructura permanente y modificarla de acuerdo a las exigencias;
- Ser capaz de *autocontrolarse,* es decir, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad y finalmente;
- Poseer un cierto grado de *autonomía*; es decir, poseer un suficiente nivel de libertad determinado por sus recursos para mantener esas variables dentro de su área de normalidad.

3.2.2 Clasificación

Es conveniente advertir que no obstante su papel renovador para la ciencia clásica, la TGS no se despega, en lo fundamental, del modo cartesiano (separación sujeto/objeto). Así forman parte de sus problemas tanto la definición del status de realidad de sus objetos, como el desarrollo de un instrumental analítico adecuado para el tratamiento lineal de los comportamientos sistémicos (esquema de causalidad). Bajo ese marco de referencia los sistemas pueden clasificarse de las siguientes maneras:

- *Según su entitividad* los sistemas pueden ser agrupados en reales, ideales y modelos. Mientras los primeros presumen una existencia independiente del observador (quien los puede descubrir), los segundos son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas, mientras que el tercer tipo corresponde a abstracciones de la realidad, en donde se combina lo conceptual con las características de los objetos.

- *Con relación a su origen* los sistemas pueden ser naturales o artificiales, distinción que apunta a destacar la dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.

- *Con relación al ambiente o grado de aislamiento* los sistemas pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes. Como se sabe, en este punto se han producido importantes innovaciones en la TGS, tales como las nociones que se refieren a procesos que aluden a estructuras disipativas, autorreferencialidad, autoobservación, autodescripción, autoorganización, reflexión y autopoiesis (Arnold,M. & D.Rodríguez. 1991).

3.2.3 Causalidad

Cuando se habla de causalidad, según la filosofía occidental, se designa la relación entre una causa y su efecto. El gran filósofo griego Aristóteles enumeró cuatro tipos de causas diferentes: la material, la formal, la eficiente y la final.

- *La causa material* es aquella de la que está hecha cualquier cosa, por ejemplo, el cobre o el mármol es la causa material de una estatua.
- *La causa formal* es la forma, el tipo o modelo según el cual algo está hecho; así, el estilo de la arquitectura será la causa formal de una casa.
- *La causa eficiente* es el poder inmediato activo para producir el trabajo, por ejemplo la energía manual de los trabajadores.
- *La causa final* es el objeto o el motivo por el cual el trabajo se hace, es decir, el placer del propietario.

Los principios que Aristóteles perfiló forman la base del concepto científico moderno de que estímulos específicos producen resultados modelo y generalizados bajo condiciones sometidas a control.

En paralelo al método empirista como fuente de todo conocimiento, se plantea una definición que ha alcanzado hoy una gran aceptación. La causa de cualquier efecto es consecuencia de un precedente sin el cual el efecto en cuestión nunca se hubiera producido. Esta es una idea mecanicista de la causalidad, muy popular en círculos científicos. Todos los acontecimientos previos completarían la causa completa.

Muchos filósofos niegan la última realidad, o por lo menos la validez fundamental, de la relación causal. Así, el filósofo estadounidense Josiah Royce mantenía que la categoría de un orden serial, del que la categoría de causa es un caso específico, está en sí misma subordinada a la categoría última de propósito. El filósofo francés Henri Bergson afirmaba que la realidad última o la vida no está ligada por secuencias causales exactas. Es un proceso de crecimiento en el que lo imprevisible, y por lo tanto lo no causado, acontece con gran frecuencia. En el tiempo real no ocurren repeticiones exactas, y donde no hay repetición no hay causa, ya que la causa significa que lo que antecede se reitera subordinado por la misma consecuencia.

Un sistema **es causal si**: *La respuesta nunca precede a la excitación*

Para dos secuencias de entrada cualquiera x1(n) y x2(n) que sean idénticas para $n<n_o$, las correspondientes secuencias de salida y1(n) e y2(n) son iguales hasta n_o.

Otra forma de definición es: un sistema que nunca utiliza muestras futuras para calcular la muestra de salida en un instante determinado.

Los sistemas causales son muy importantes porque son los únicos realizables físicamente (en tiempo real).

3.3 Tipos de sistemas

3.3.1 Particulares

Un sistema particular hace referencia a aquel que tiene como objetivo final, la solución de un problema específico para un entorno definido. Y cómo definir si un aspecto pertenece al medio o al sistema que estamos considerando? Pues para ello debemos hacernos dos preguntas:

- Puedo hacer algo frente a ello ?
- Tiene importancia para mis objetivos?

Si la primera pregunta tiene una respuesta negativa y la segunda una positiva, ese aspecto constituye el medio de nuestro sistema.

Identificado el entono y el sistema, entonces podemos concluir que un sistema es particular si sólo pretende resolver un problema o dificultad específica y que no puede ser utilizado para aplicarlo a otros ambientes.

3.3.2. Generales

Siempre que se habla de sistemas se tiene en vista una totalidad cuyas propiedades no corresponden a la suma de las propiedades de sus partes o componentes.

En las definiciones más corrientes se identifican los sistemas como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directa o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (teleología). (Este concepto expresa un modo de explicación basado en causas finales. Aristóteles y los Escolásticos son considerados como teleológicos en oposición a las causalistas o mecanicistas).

Esas definiciones que nos concentran fuertemente en procesos sistémicos internos deben, necesariamente, ser complementadas con una concepción de sistemas abiertos, en donde queda establecida como condición para la continuidad sistémica el establecimiento de un flujo de relaciones con el ambiente.

A partir de ambas consideraciones la TGS puede ser desagregada, dando lugar a dos grandes grupos de estrategias para la investigación en sistemas generales:

- Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en una relación entre el todo (sistema) y sus partes (elementos).
- Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en los procesos de frontera (sistema/ambiente).

En el primer caso, la cualidad esencial de un sistema está dada por la interdependencia de las partes que lo integran y el orden que subyace a tal interdependencia.

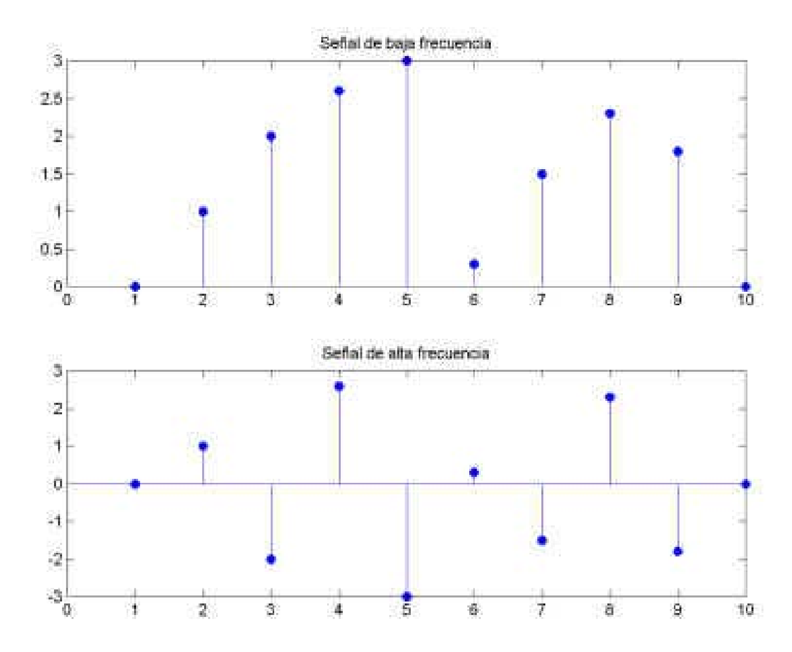
En el segundo, lo central son las corrientes de entradas y de salidas mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente. Ambos enfoques son ciertamente complementarios.

Continuos y discretos

Discreto. Dícese de la magnitud compuesta de unidades distintas, por oposición a las magnitudes continuas (longitud, tiempo), o de una variación (de un fenómeno, de un proceso, etc.) que tiene lugar por cantidades enteras.

En conclusión, un sistema discreto es aquel que utiliza valores numéricos para representar la información que maneja; algunos los identifican también como sistemas digitales.

Lineales



Se dice que un sistema discreto es ***lineal*** cuando cumple que:

$$S[ax_1(n) + bx_2(n)] = aS[x_1(n)] + bS[x_2(n)]$$

En este tipo de sistema la salida es la respuesta impulsiva o función ponderatriz del sistema.

La salida se puede expresar como convolución entre la entrada y la respuesta impulsiva. Por tanto, un sistema lineal queda caracterizado por su respuesta impulsiva.

Sistemas invariantes

Un sistema se dice que es invariante en el tiempo si la relación y(k) = S[x(k)] implica que se cumple: $y(k - k_0) = S[x(k - k_0)]$ **Es decir, la respuesta a una señal retardada es una versión retardada de la respuesta a la excitación sin retrasar.**

La causalidad para un sistema invariante se puede expresar como g(k)=0 para k<o

Sistema estable

Un sistema **se dice que es estable** si su respuesta a una excitación de margen dinámico finito es de margen dinámico finito. Es decir, la respuesta depende del grado de excitación aplicado.

Sistema inestable

Un sistema **es inestable** si, por el contrario, la respuesta a una excitación de margen dinámico finito es de margen dinámico infinito. Es decir, la respuesta es incierta y no depende exclusivamente del grado de excitación aplicado.

Cada uno de los sistemas enunciados se comprueban matemáticamente, es importante que apoyemos, revisemos y repasemos estos conceptos con los conocimientos de álgebra, programación lineal, estadísticas y demás áreas que estudien y den soluciones a estos tipos de sistemas.

Aquí vemos y relacionamos la importancia de la matemática en el análisis, estudio y solución de sistemas en cualquier campo.

Actividad final:
Es hora de verificar que lo realizado al principio del capítulo está bien planteado.
Retome el cuadro inicial y adicione una nueva columna en donde se pueda colocar la respectiva equivalencia con uno de los tipos de sistema que están descritos en el numeral 3.3.
Vamos a ver cuántos aciertos obtiene. Si son pocos, no se preocupe, esto no quiere decir que esté mal, este ejercicio servirá para identificar y diferenciar los tipos de sistemas tratados específicamente por el enfoque de sistemas y las clases de sistemas vistas de forma general.
Entonces, manos a la obra:

Sistema	***Clase***	***Descripción/ Justificación***	***Tipo (según numeral 3.3)***
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

BIBLIOGRAFÍA

BERTALANFFY, Ludwig von (1978), *Historia y situación de la teoría general de sistemas*, en G.J.Klir ed., Tendencias..., Alianza Universidad, Madrid.

BERTALANFFY, Ludwig von (1994). *Teoría General de Sistemas.* Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica.

CAMACHO, Luz Amanda (1996). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Editorial Unisur.

CHECKLAND, Peter (2004). *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas.* México: Limusa - Noriega Editores.

JOHANSEN, Oscar (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas.* México: Limusa – Noriega Editores.

KLIR, G. J. (1980), *Teoría General de* Sistemas, ICE, Madrid.

ORCHARD,R.A. (1978), *Sobre un enfoque de la teoría general de sistemas*, en G.J.Klir ed., Tendencias..., Alianza Universidad, Madrid.

VAN GIGCH, JOHN P (2000). *Teoría general de Sistemas*. México: Trillas.

WILSON, Brian (1993). *Sistemas: Concepto, metodología y aplicaciones.* México: Grupo Noriega Editores.

DIRECCIONES WEB

http://usuarios.lycos.es/javica/Apunte%202.htm

http://sitio.acis.org.co/Paginas/publicaciones/libros.html

http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/352C34C2B09A4435C1256E9A0059FCA6?OpenDocument

http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/DFBF3CD3E65BB78AC1256E5900531CD8?OpenDocument

http://www.iasvirtual.net/queessis.htm

http://www.daedalus.es/AreasISIngenieria-E.php

http://members.lycos.co.uk/edalfon/situacion/historia.htm

http://www.monografias.com/trabajos14/informatic/informatic.shtml

http://www.monografias.com/trabajos13/ingesist/ingesist.shtml

http://robotica.uv.es/Libro/Indice.html

http://www-etsi2.ugr.es/alumnos/mlii/index.html

http://www.dlsi.ua.es/~marco/himc/programa.html#Programa
www.flytech.es

http://www.ialhi.org/news/i0006_2.html

http://www.ceptualinstitute.com/genre/jmikes.htm

www.todoexpertos.com

www.fluke.com

www.anixter.com

www.somser.com

www.elguille.info

www.lawebdelprogramador.com

UNIDAD DIDÁCTICA 2

APLICACIONES DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

INTRODUCCIÓN

¿Conocemos lo que es la TGS?

¿Sabemos de dónde proviene y para dónde va?

Mi intención es que Ustedes respondan a estos interrogantes con un Si profundo y convencido. De hecho, es la intención de la primera unidad didáctica.

Ahora, no exijo que respondan suficientemente estos otros interrogantes:

¿En dónde más se puede aplicar?

¿Cuál es la forma o metodología para aplicarla?

¿Qué modelos existen para la solución de problemas?

Si los respondieron magnífico, pero los invito de todas formas a que autoevalúen sus respuestas después de haber abordado la segunda unidad.

Esta unidad está dividida en tres partes, las cuales debemos considerar como fundamentales para nuestra formación como Ingenieros de Sistemas.

La primera parte involucra a la TGS con el estudio de las organizaciones, de hecho es muy importante, pues nuestro principal campo de acción son las organizaciones sociales. Es necesario conocer y estudiar a una empresa como un sistema, con las características y propiedades de cualquier sistema abierto y con la metodología propia de su área.

No se puede dejar de lado la aplicación de la TGS en los sistemas como tal, es decir en la regulación y resolución de sistemas, aquí se pretende dar pautas para una adecuada identificación, manejo y administración de la información de cualquier sistema. De ello depende su correcto abordaje.

Por último se empieza a generar un concepto propio de la TGS: la toma de decisiones, es aquí donde se hace necesario estudiar los diferentes tipos de

modelos, los criterios básicos para su selección, las técnicas modernas de modelado; útiles para lograr una adecuada alternativa de solución.

Recuerden: es fundamental realizar un recorrido ordenado y a conciencia de los diferentes capítulos, para llegar a una apreciación estructurada de la temática y así responder de manera suficiente los interrogantes que seguramente aún no tienen respuesta.

OBJETIVOS

1. Establecer los parámetros y características fundamentales para el estudio de las organizaciones como sistemas.

2. Reconocer el alcance integrador de la TGS, para la unificación de criterios y teorías aplicables a cualquier tipo de sistema, evidenciando que la información es uno de los elementos más importantes de cualquier sistema.

3. Reconocer y aplicar el modelo de sistema adecuado para la solución de problemas de un campo de acción específico.

CAPÍTULO 1. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS EN LAS ORGANIZACIONES

Actividad inicial:
Este capítulo tiene que ser aprovechado al máximo. Pues es una aproximación de la TGS al estudio de las organizaciones sociales, y es allí en donde más vamos a tener aplicación.
Y para precisamente sacarle provecho, es necesario que seleccione una "empresa" de su entorno laboral o social, tenga en cuenta que pueda ser analizada sin ningún inconveniente, y diligencie el siguiente cuadro, en donde Usted debe consignar los aspectos a describir que crea relevantes para realizar el estudio de dicha empresa:

Empresa:	
Aspectos	***Descripción***
Razón social	
Dirección	
...	
... etc	

La teoría de la organización y la práctica administrativa han experimentado cambios sustanciales en años recientes. La información proporcionada por las ciencias de la administración y la conducta ha enriquecido a la teoría tradicional. Estos esfuerzos de investigación y de conceptualización a veces han llevado a descubrimientos divergentes. Sin embargo, surgió un enfoque que puede servir como base para lograr la convergencia, el enfoque de sistemas con la teoría general de sistemas, que facilita la unificación de muchos campos del conocimiento. Dicho enfoque ha sido usado por las ciencias físicas, biológicas y sociales, como marco de referencia para la integración de la teoría organizacional moderna.

Recordemos: el interés de la TGS, son las características y parámetros que establece para todos los sistemas.

Aplicada a la administración la TGS, la empresa se ve como una estructura que se reproduce y se visualiza a través de un sistema de toma de decisiones, tanto individual como colectivamente.

Desde un punto de vista histórico, se verifica que:

- La teoría de la administración científica usó el concepto de sistema hombre-máquina, pero se limitó al nivel de trabajo fabril.
- La teoría de las relaciones humanas amplió el enfoque hombre-máquina a las relaciones entre las personas dentro de la organización. Provocó una profunda revisión de criterios y técnicas gerenciales.
- La teoría estructuralista concibe la empresa como un sistema social, reconociendo que hay tanto un sistema formal como uno informal dentro de un sistema total integrado.
- La teoría del comportamiento trajo la teoría de la decisión, donde la empresa se ve como un sistema de decisiones, ya que todos los participantes de la empresa toman decisiones dentro de una maraña de relaciones de intercambio, que caracterizan al comportamiento organizacional.
- Después de la segunda guerra mundial, a través de la teoría matemática se aplicó la investigación operacional, para la resolución de problemas grandes y complejos con muchas variables.
- La teoría de colas fue profundizada y se formularon modelos para situaciones típicas de prestación de servicios, en los que es necesario programar la cantidad óptima de servidores para una esperada afluencia de clientes.

Las teorías tradicionales han visto la organización humana como un sistema cerrado. Eso a llevado a no tener en cuenta el ambiente, provocando poco desarrollo y comprensión de la realimentación (feedback), básica para sobrevivir.

El enfoque antiguo fue débil, ya que:

- Trató con pocas de las variables significantes de la situación total.
- Muchas veces se ha sustentado con variables impropias.

El concepto de sistemas no es una tecnología en sí, pero es la resultante de ella. El análisis de las organizaciones vivas revela "lo general en lo particular" y muestra, las propiedades generales de las especies que son capaces de adaptarse y sobrevivir en un ambiente típico. Los sistemas vivos sean individuos u organizaciones, son analizados como "sistemas abiertos", que mantienen un continuo intercambio de materia/energía/información con el ambiente. La TGS permite reconceptuar los fenómenos dentro de un enfoque global, para integrar asuntos que son, en la mayoría de las veces de naturaleza completamente diferente.

1.1 Origen

Es interesante destacar el significado de *organización* en la formulación original de la teoría general de sistemas.

Según esta teoría, los sistemas abiertos, debido a sus características (neguentropía, realimentación, equifinalidad, etc.) tienden al orden (a "organizarse"), en vez de al desorden. El carácter de complejidad de los sistemas abiertos se deriva, pues, de una serie de propiedades comunes, las cuales se describirán más adelante, con referencias al contexto organizativo (Ver Tabla 7. Propiedades de los sistemas – Contexto organizativo).

Aunque las organizaciones como tales no aparecen en la formulación original de la teoría general de sistemas, la concepción de las organizaciones como sistemas surgió de forma inmediata en la comunidad científica. Según Katz y Kahn (1966), autores como Allport (1933, 1962) y Parsons (1960) ya presentan un inicio de concepción sistémica de la organización. Boulding (1956) incluye a las organizaciones dentro de su clasificación de los sistemas, considerándolas como sistemas de complejidad superior al sistema humano y como sistemas abiertos (en esta tipología, son sistemas abiertos todos los sistemas de nivel superior a cuatro. Recuerden: Tabla 5. Jerarquía de los sistemas)

1.2 Concepción

Para Katz y Kahn (1966), la aproximación sistémica al estudio de las organizaciones surge, como la basada en las relaciones humanas, de la psicología, aunque con un enfoque alternativo. Las aproximaciones que dan lugar a la concepción social emplean los métodos de la teoría psicológica tradicional, que toma como unidades de análisis el individuo (escuela conductista), la familia (escuela psicoanalítica), o el grupo (teoría del campo). Al parecer, para estos autores la escuela de relaciones humanas no puede decirse que sea una auténtica *teoría de la organización*, puesto que al no tomar a ésta como unidad de análisis, su aportación se limita al importante, aunque restringido, campo del estudio del comportamiento humano en el seno de las organizaciones.

Posteriormente, una serie de importantes contribuciones forman una alternativa a la concepción de la organización propia de la escuela racional fundamentada en concebir a la organización como un sistema, dando lugar a una *teoría sistémica* de la organización basada, directa o indirectamente, en la teoría general de sistemas.

Según Katz y Kahn, la teoría racional mecanicista (vista anteriormente) concibe a la organización como "un dispositivo para mejor lograr, con los medios de un grupo, algún propósito; equivale al plano del que surgirá la máquina con algún objetivo práctico"[3]. Como alternativa, la teoría sistémica propone definir la organización como "un sistema energético insumo - resultado, en que el energético proveniente del resultado reactiva el sistema"[4].

---

[3] Hatch (1997). *Teoría de sistemas en las organizaciones*. p. 36
[4] op. cit., p. 25

Más concretamente, la organización como sistema abierto se caracterizará por desarrollar una serie de actividades, algunas de ellas transacciones con el ambiente:

- Captación del insumo energético del sistema.
- Transformación de la energía en el sistema.
- Productos resultantes o resultado energético.

Así, las organizaciones como sistema quedan caracterizadas por tres componentes (Mundet 1993: cap.1):

- ***Los elementos del sistema***: cualquier sistema estará constituido por un número determinado de elementos con definición individual. Cabe la posibilidad de que existan varios niveles de complejidad, al ser dichos elementos también sistemas. En este caso, denominaremos a éstos subsistemas. La clasificación de dichos de subsistemas es parte fundamental de la modelización de las organizaciones desde el punto de vista sistémico.

- ***Los objetivos del sistema***: se postula que todo sistema tiene un objetivo hacia el cual tienden los elementos del mismo. Las contribuciones consultadas son ambiguas en cuanto a la naturaleza de estos objetivos, aunque parece admitirse implícitamente que el sistema como tal tiene objetivos, no necesariamente iguales a quien "dirige" el sistema (si efectivamente es dirigido).

- ***Las interacciones entre los elementos del sistema***: el sistema no será tal si entre los elementos del mismo no se producen interacciones, es decir, procesamientos e intercambios de insumos energéticos y de flujos de información.

Diversas contribuciones han propuesto una elaboración de esta definición, centradas generalmente en concretar la naturaleza de los elementos del sistema.

En la tabla siguiente se recogen algunas de estas elaboraciones:

Tabla 6. Diferentes definiciones del sistema organización

AUTORES	***COMPONENTES***
Katz y Kahn (1966)	Papeles (pautas estandarizadas de conducta) Normas (expectativas generales establecidas) Valores (justificaciones y aspiraciones ideológicas)
Simon (1977)	Sistema básico (nivel físico u operativo) Nivel de decisiones programadas Nivel de decisiones no programadas

AUTORES	COMPONENTES
Bueno, Cruz y Durán (1979)	Sistema físico - económico y financiero – económico Sistema de acción – información de gestión Sistema de comunicación de gestión
Bueno, Cruz y Durán (1979)	Subsistema de ciclo de explotación (aprovisionamiento, producción, distribución y comercialización) Subsistema de ciclo de capital (inversión - financiación) Subsistema directivo (planificación y control, información y comunicación)
Mintzberg (1989)	Ápice estratégico Línea media Núcleo de operaciones Tecnoestructura Staff de apoyo
Mélèse (1980)	Sistema físico Subsistema de explotación Subsistema de management Subsistema de conexión con el entorno (evolución - mutación)
Kast y Rosenzweig (1987)	Subsistema de metas y valores Subsistema técnico Subsistema psicosocial Subsistema estructural Subsistema administrativo
Mundet (1993)	Actividades funcionales (preparatorias y ejecutivas) Marco financiero Recursos humanos Entorno
Bueno (1993)	Sistema técnico Sistema de dirección Sistema humano Sistema cultural Sistema político / de poder
Fernández - Ríos y Sánchez (1997)	Partes de sistema: significados (papeles, normas y valores) Relaciones entre las partes (identidad, serialidad, correlación y causalidad)

1.3 El comportamiento de las organizaciones como sistemas

1.3.1 Sistema abierto

El sistema abierto como organismo, es influenciado por el medio ambiente e influye sobre él, alcanzando un equilibrio dinámico en ese sentido.

La categoría más importante de los sistemas abiertos son los sistemas vivos. Existen diferencias entre los sistemas abiertos (como los sistemas biológicos y sociales, a saber, células, plantas, el hombre, la organización, la sociedad) y los sistemas cerrados (como los sistemas físicos, las máquinas, el reloj, el termóstato):

- El sistema abierto interactúa constantemente con el ambiente en forma dual, o sea, lo influencia y es influenciado. El sistema cerrado no interactúa.
- El sistema abierto puede crecer, cambiar, adaptarse al ambiente y hasta reproducirse bajo ciertas condiciones ambientes. El sistema cerrado no.
- Es propio del sistema abierto competir con otros sistemas, no así el sistema cerrado.

Al igual que los organismos vivos, las empresas tienen seis funciones primarias, estrechamente relacionadas entre sí:

- ***Ingestión***: las empresas hacen o compran materiales para ser procesados. Adquieren dinero, máquinas y personas del ambiente para asistir otras funciones, tal como los organismos vivos ingieren alimentos, agua y aire para suplir sus necesidades.
- ***Procesamiento***: los animales ingieren y procesan alimentos para ser transformados en energía y en células orgánicas. En la empresa, la producción es equivalente a este ciclo. Se procesan materiales y se desecha lo que no sirve, habiendo una relación entre las entradas y salidas.

- ***Reacción al ambiente***: el animal reacciona a su entorno, adaptándose para sobrevivir, debe huir o si no atacar. La empresa reacciona también, cambiando sus materiales, consumidores, empleados y recursos financieros. Se puede alterar el producto, el proceso o la estructura.

- ***Provisión de las partes***: partes de un organismo vivo pueden ser suplidas con materiales, como la sangre abastece al cuerpo. Los participantes de la empresa pueden ser reemplazados, no solo de sus funciones sino también por datos de compras, producción, ventas o contabilidad y se les recompensa bajo la forma de salarios y beneficios. El dinero es muchas veces considerado la sangre de la empresa.

- ***Regeneración de partes***: las partes de un organismo pierden eficiencia, se enferman o mueren y deben ser regeneradas o relocalizadas para sobrevivir en el conjunto. Miembros de una empresa envejecen, se jubilan, se enferman, se desligan o mueren. Las máquinas se vuelven obsoletas. Tanto hombres como máquinas deben ser mantenidos o relocalizados, de ahí la función de personal y de mantenimiento.

- ***Organización***: de las funciones, es la que requiere un sistema de comunicaciones para el control y toma de decisiones. En el caso de los animales, que exigen cuidados en la adaptación. En la empresa, se necesita un sistema nervioso central, donde las funciones de producción, compras, comercialización, recompensas y mantenimiento deben ser coordinadas. En un ambiente de constante cambio, la previsión, el

planeamiento, la investigación y el desarrollo son aspectos necesarios para que la administración pueda hacer ajustes.

El sistema abierto es un conjunto de partes en interacción constituyendo un todo sinérgico, orientado hacia determinados propósitos y en permanente relación de interdependencia con el ambiente externo.

1.3.2 La organización como sistema

La teoría general de sistemas propone una serie de principios de comportamiento de los sistemas abiertos, que modelizan su comportamiento independientemente de su carácter de sistema biológico, físico u organizativo. A continuación, se exponen aquí en su formulación original, realizando las convenientes particularizaciones para el caso de la organización. Estas propiedades son de gran importancia a la hora de definir la eficacia organizativa desde la perspectiva sistémica.

Tabla 7. Propiedades de los sistemas – contexto organizativo

Propiedad	***Descripción***
Importación de energía	El concepto "energía" para la teoría de sistemas abiertos puede entenderse (en sentido amplio) como todo aquello que el sistema importa de su entorno: para un sistema biológico, "energía" puede significar oxígeno (célula), alimentos (cuerpo), o estímulos de todo tipo (individuo). Para una organización, podemos traducir energía por dinero (empresa), satisfacción moral (organizaciones no lucrativas) o reconocimiento legal (administración pública).
Procesamiento y obtención del resultado	La actividad de los sistemas se caracteriza por procesar los *insumos*, de manera que éstos se alteren de forma significativa dando lugar a un *resultado*: así, el cuerpo convierte la fécula y azúcar en calor y acción, y un pintor convierte un conjunto de estímulos sensoriales en una obra de arte. Nótese la importancia de los intercambios con el entorno al definir la actividad básica de la organización, que contrasta con el enfoque cerrado de las teorías racional y humanística de la organización.
Ciclos de acontecimientos	Es propio de los sistemas que los intercambios con el ambiente insumo- procesamiento- resultado tengan carácter cíclico, dado que el resultado proporciona nuevas aportaciones de energía que permiten repetir la secuencia de actividades: así, el ciclo económico empresarial genera unos beneficios que al reinvertirse en la empresa capacitan a la misma para repetir dicho ciclo. En la organización, la interrelación no se da entre elementos materiales, como en un sistema físico, sino entre acontecimientos: una secuencia estímulo – respuesta no constituye una estructura social: es necesario que aparezca una secuencia de acontecimientos que se repiten en el tiempo.
Entropía negativa (neguentropía)	La teoría de sistemas postula que un sistema cerrado (sin intercambios con el ambiente) tiende al desorden, es decir, a un aumento de entropía, por ser éste su estado de máxima probabilidad y a su consecuente muerte o desaparición. En los sistemas abiertos, sin embargo, no sólo tenemos entropía debido a procesos irreversibles, sino también entrada de entropía que bien puede ser negativa (aportar orden al sistema). La "organización" del sistema requiere que la energía asociada a las salidas sea inferior a la asociada a los insumos. Dicho excedente energético se invierte en mantener el orden del sistema, es decir, en reducir la entropía o generar *entropía negativa*. En las organizaciones, este principio se adapta postulando que las organizaciones tienden a captar un excedente de recursos del entorno que les asegure su supervivencia y crecimiento. Estos dos últimos conceptos, supervivencia y crecimiento, son fundamentales en la definición de eficacia organizativa desde la perspectiva sistémica.
Insumos de información, realimentación negativa y el proceso de codificación	Además de los insumos de energía, la teoría de sistemas abiertos reconoce la necesidad de que el sistema capte del ambiente insumos de información para la organización del mismo, puesto que dicha información reduce la entropía del sistema. Dicha captación se produce mediante la codificación de los datos por parte del sistema en variables percibidas como clave. Los sistemas serán estables si utilizan esta información para estructurar los ciclos de acontecimientos mediante mecanismos de *realimentación negativa.*

Propiedad	Descripción
Homeóstasis dinámica	En un sistema cada elemento interactúa con los restantes de forma que el conjunto de las interacciones lleve al sistema a un determinado estado. Cuando este estado coincide con los objetivos del sistema, diremos que está en equilibrio. En caso contrario, los sucesivos ciclos de acontecimientos se irán sucediendo hasta que el sistema alcance el equilibrio. Este proceso recibe el nombre de homeóstasis. Este equilibrio, alcanzado a través del establecimiento de realimentaciones negativas mediante los insumos de información, será de tipo dinámico. El intercambio de insumos energéticos hace que éstos no permanezcan en el sistema: éste sobrevive al mantener sus relaciones, estructura e interdependencias características, mientras que los contenidos energéticos se renuevan continuamente. Complementariamente, se observa como característica común de los sistemas su *tendencia al crecimiento*, consecuencia de la captación de insumos adicionales que aseguran su supervivencia. Este crecimiento se caracteriza por ser más cuantitativo que cualitativo. Sin embargo, al alcanzar el sistema determinado tamaño parece ser necesaria la existencia de subsistemas de apoyo de carácter especializado cualitativamente diferentes: tal es el caso del subsistema de planificación y control en el contexto organizativo. En consecuencia, el *crecimiento* se revela como otro de los objetivos intrínsecos a la organización en cuanto a sistema, con las debidas implicaciones para la definición de la eficacia organizativa.
Diferenciación	Según von Bertalanffy los sistemas abiertos se caracterizan por dirigirse, mediante las interacciones con el entorno en ciclos consecutivos de acontecimientos, rumbo a la diferenciación y la elaboración. En particular, esto significará que las organizaciones, así como los subsistemas que las componen, adoptarán diferentes formas que les harán más eficientes para determinadas funciones, a coste de perder equipotencialidad.
Equifinalidad	Según un resultado bien conocido en Termodinámica, en cualquier sistema cerrado, el estado final está inequívocamente determinado por las condiciones iniciales, de modo que si éstas se alteran, el estado final también cambiará. En los sistemas abiertos, sin embargo, puede alcanzarse el mismo estado final partiendo de diferentes condiciones y de distintos caminos. En virtud de este principio, la teoría sistémica de la organización contrapone a la idea del diseño de procedimientos optimizadores del comportamiento organizativo, propia de la escuela racional, la idea de que diferentes procedimientos permiten alcanzar un mismo estado final, por lo que no puede hablarse de un *procedimiento óptimo*.

1.3.3 La organización como un sistema abierto

Herbert Spencer afirmaba a principios del siglo XX: "Un organismo social se asemeja a un organismo individual en los siguientes rasgos esenciales:

- En el crecimiento.

- En el hecho de volverse más complejo a medida que crece.
- En el hecho de que haciéndose más complejo, sus partes exigen una creciente interdependencia.
- Porque su vida tiene inmensa extensión comparada con la vida de sus unidades componentes.
- Porque en ambos casos existe creciente integración acompañada por creciente heterogeneidad”.

Según la teoría estructuralista, Taylor, Fayol y Weber usaron el modelo racional, enfocando las organizaciones como un sistema cerrado. Los sistemas son cerrados cuando están aislados de variables externas y cuando son determinísticos en lugar de probabilísticos.

Un *sistema determinístico* es aquel en que un cambio específico en una de sus variables producirá un resultado particular con certeza. Así, el sistema require que todas sus variables sean conocidas y controlables o previsibles. Según Fayol la eficiencia organizacional siempre prevalecerá si las variables organizacionales son controladas dentro de ciertos límites conocidos.

1.3.4 Características de las organizaciones como sistemas abiertos

Las organizaciones poseen todas las características de los sistemas abiertos.

Algunas características básicas de las organizaciones son:

- ***Comportamiento probabilístico y no-determinístico de las organizaciones***: la organización se ve afectada por el ambiente y dicho ambiente es potencialmente sin fronteras e incluye variables desconocidas e incontroladas. Las consecuencias de los sistemas sociales son probabilísticas y no-determinísticas. El comportamiento humano nunca es totalmente previsible, ya que las personas son complejas, respondiendo a diferentes variables. Por esto, la administración no puede esperar que consumidores, proveedores, agencias reguladoras y otros, tengan un comportamiento previsible.

- ***Las organizaciones como partes de una sociedad mayor y constituidas de partes menores***: las organizaciones son vistas como sistemas dentro de sistemas. Dichos sistemas son complejos de elementos colocados en interacción, produciendo un todo que no puede ser comprendido tomando las partes independientemente. Talcott Parsons indicó sobre la visión global, la integración, destacando que desde el punto de vista de organización, esta era una parte de un sistema mayor, tomando como punto de partida el tratamiento de la organización como un sistema social, según el siguiente enfoque:

- La organización se debe enfocar como un sistema que se caracteriza por todas las propiedades esenciales de cualquier sistema social.
- La organización debe ser abordada como un sistema funcionalmente diferenciado de un sistema social mayor.
- La organización debe ser analizada como un tipo especial de sistema social, organizada en torno de la primacía de interés por la consecución de determinado tipo de meta sistemática.
- Las características de la organización deben ser definidas por la especie de situación en que necesita operar, consistente en la relación entre ella y los otros subsistemas, componentes del sistema mayor del cual parte. Tal como si fuera un sociedad.

➢ ***Interdependencia de las partes***: un cambio en una de las partes del sistema, afectará a las demás. Las interacciones internas y externas del sistema reflejan diferentes escalones de control y de autonomía.

➢ ***Homeostasis o estado firme***: la organización puede alcanzar el estado firme, solo cuando presenta dos requisitos, la *unidireccionalidad* y el *progreso*. La *unidireccionalidad* significa que a pesar de que hayan cambios en la empresa, los mismos resultados o condiciones establecidos son alcanzados. El *progreso* referido al fin deseado, es un grado de progreso que está dentro de los límites definidos como tolerables. El progreso puede ser mejorado cuando se alcanza la condición propuesta con menor esfuerzo, mayor precisión para un esfuerzo relativamente menor y bajo condiciones de gran variabilidad. La *unidireccionalidad* y el *progreso* sólo pueden ser alcanzados con liderazgo y compromiso.

➢ ***Fronteras o límites***: es la línea que demarca lo que está dentro y fuera del sistema. Podría no ser física. Una frontera consiste en una línea cerrada alrededor de variables seleccionadas entre aquellas que tengan mayor intercambio (de energía, información) con el sistema. Las fronteras varían en cuanto al grado de permeabilidad, dicha permeabilidad definirá el grado de apertura del sistema en relación al ambiente.

➢ ***Morfogénesis***: el sistema organizacional, diferente de los otros sistemas mecánicos y aún de los sistemas biológicos, tiene la capacidad de modificar sus maneras estructurales básicas, es identificada por Buckley como su principal característica identificadora.

1.4 Subsistemas que forman una organización

Una organización es un sistema socio-técnico incluido en otro más amplio que es la sociedad con la que interactúa influyéndose mutuamente.

También puede ser definida como un sistema social, integrado por individuos y grupos de trabajo, que responde a una determinada estructura y dentro de un contexto al que controla parcialmente, allí se desarrollan actividades aplicando recursos en pos de ciertos valores comunes.

Cubriendo estos aspectos, se puede decir, de forma generalizada, que los subsistemas que conforman una organización son los siguientes:

1.4.1 Subsistema psicosocial

Está compuesto por individuos y grupos en interacción. Dicho subsistema está formado por la conducta individual y la motivación, las relaciones del status y del papel, dinámica de grupos y los sistemas de influencia.

1.4.2 Subsistema técnico

Se refiere a los conocimientos necesarios para el desarrollo de tareas, incluyendo las técnicas usadas para la transformación de insumos en productos.

1.4.3 Subsistema administrativo

Relaciona a la organización con su medio y establece los objetivos, desarrolla planes de integración, estrategia y operación, mediante el diseño de la estructura y el establecimiento de los procesos de control.

1.5 Modelos de organizaciones

Schein propone una relación de aspectos que una teoría de sistemas debería considerar en la definición de organización:

- La organización debe ser considerada como un sistema abierto.
- La organización debe ser concebida como un sistema con objetivos o funciones múltiples.
- La organización debe ser visualizada como constituida de muchos subsistemas que están en interacción dinámica unos con otros.
- Al ser los subsistemas mutuamente dependientes, un cambio en uno de ellos, afectará a los demás.
- La organización existe en un ambiente dinámico que comprende otros sistemas.

- Los múltiples eslabones entre la organización y su medio ambiente hacen difícil definir las fronteras de cualquier organización.

1.5.1 Modelo de Katz y Kahn

Desarrollaron un modelo de organización más amplio y complejo a través de la aplicación de la TGS y la teoría de las organizaciones. Según su modelo, la organización presenta las siguientes características:

Las organizaciones como clase de sistemas sociales

Las organizaciones son una clase de sistemas sociales, los cuales a sus vez son sistemas abiertos. Las organizaciones comparten con todos los sistemas abiertos propiedades como la entropía negativa, retroinformación, homeostasis, diferenciación y equifinalidad. Los sistemas abiertos tienden a la elaboración y a la diferenciación, debido a su propia dinámica.

Los sistemas sociales, consisten en actividades estandarizadas de una cantidad de individuos. Ellas son repetitivas, relativamente duraderas y ligadas en espacio y tiempo. La estabilidad o recurrencia de actividades existe en relación con la entrada de energía en el sistema, en relación con la transformación de energías dentro del sistema y en relación con el producto resultante o salida de energía. Mantener dicha actividad, requiere renovación constante de energía. Es lo conocido como neguentropía.

Características de primer orden

Para Katz y Kahn, las características de las organizaciones como sistemas sociales son las siguientes:

- Los sistemas sociales, al contrario de las demás estructuras básicas, no tienen limitación de amplitud. Las organizaciones sociales están vinculadas a un mundo concreto de seres humanos, recursos materiales, fábricas y otros artefactos, aunque estos no estén interactuando. El sistema social, es independiente de cualquier parte física determinada, pudiendo aligerarla o sustituirla. El sistema social es la estructuración de eventos o acontecimientos y no la estructuración de partes físicas.
- Los sistemas sociales necesitan entradas de producción y de mantenimiento. Las entradas de mantenimiento son las importaciones de energía que sustentan al sistema; las entradas de producción son las importaciones de energía, procesadas para proporcionar un resultado productivo.
- Los sistemas sociales tienen su naturaleza planeada, esto es, son sistemas esencialmente inventados, creados por el hombre e imperfectos.

- Los sistemas sociales presentan mayor variabilidad que los sistemas biológicos. Los sistemas sociales necesitan fuerzas de control para reducir la variabilidad e inestabilidad de las acciones humanas.
- Las funciones, normas y valores como los principales componentes del sistema social: las funciones describen formas específicas de comportamiento asociado a determinadas tareas. Las funciones se desarrollan a partir de los requisitos de la tarea. Las normas son expectativas con carácter de exigencia, que alcanzan a todos los que les concierne el desempeño de una función, en un sistema o subsistema. Los valores son las justificaciones y aspiraciones ideológicas más generalizadas.
- Las organizaciones sociales constituyen un sistema formalizado de funciones.
- El concepto de inclusión parcial: la organización usa sólo los conocimientos y habilidades de las personas que le son importantes.
- La organización en relación con su medio ambiente: el funcionamiento organizativo debe ser estudiado en relación con las transacciones continuas con el medio ambiente que lo envuelve.

Cultura y clima organizacional

Toda organización crea su propia cultura o clima, con sus propios tabúes, costumbres y usos. El clima o cultura del sistema refleja tanto las normas y valores del sistema formal como su reinterpretación en el sistema informal, así como las disputas internas y externas de los tipos de personas que la organización atrae, de sus procesos de trabajo y distribución física, de las modalidades de comunicación y del ejercicio de la autoridad dentro del sistema. Dichos sentimientos y creencias colectivos, se transmiten a los nuevos miembros del grupo.

Dinámica de sistema

Para mantenerse, las organizaciones recurren a la multiplicación de mecanismos, ya que les falta la estabilidad de los sistemas biológicos. Así, crean estructuras de recompensas para vincular a sus miembros al sistema, establecen normas y valores y dispositivos de control. Mientras que en la TS se habla de homeostasia dinámica (o mantenimiento del equilibrio por ajuste constante y anticipación), se usa el término dinámica de sistema en las organizaciones sociales: el sistema principal y los subsistemas que lo componen hacen que se vuelve cada vez más aquello que básicamente es. Para sobrevivir (y evitar la entropía), la organización social debe asegurarse de una provisión continua de materiales y hombres (entropía negativa).

Concepto de eficacia organizacional

La eficiencia se refiere a cuanto de entrada de una organización surge como producto y cuanto es absorbido por el sistema. La eficiencia se relaciona con la necesidad de supervivencia de la organización. La eficacia organizacional se relaciona con la extensión en que todas las formas de rendimiento para la organización se hacen máximas. La eficiencia busca incrementos a través de soluciones técnicas y económicas, mientras que la eficacia busca la maximización del rendimiento para la organización, por medios técnicos y económicos (eficiencia) y por medios políticos (no económicos).

Organización como un sistema de papeles

Papel es el conjunto de actividades requeridas a un individuo que ocupa una determinada posición en una organización. La organización se constituye por papeles o conjunto de actividades esperadas de los individuos y por conjuntos de papeles o de grupos que se superponen. La organización es una estructura de papeles.

1.5.2 Modelo sociotécnico de Tavistock

Fue propuesto por sociólogos y sicólogos del Instituto de Relaciones Humanas de Tavistock, con base en investigaciones realizadas en minas de carbón inglesas y empresas textiles hindúes.

Concibe la organización como un sistema sociotécnico estructurado sobre dos subsistemas:

- ***El subsistema técnico***: conlleva la tecnología, el territorio y el tiempo. Es el responsable de la eficiencia potencial de la organización.
- ***El subsistema social***: comprende los individuos, las relaciones sociales y las exigencias de la organización tanto formal como informal. Transforma la eficiencia potencial en eficiencia real.

Estos dos subsistemas presentan una íntima interrelación, son interdependientes y se influyen mutuamente. El enfoque sociotécnico concibe a la organización como una combinación de tecnología y a la vez un subsistema social. El modelo de sistema abierto propuesto por el enfoque sociotécnico, importa cosas del medio ambiente, las cuales en base a ciertos procesos de conversión, convierte en productos, servicios, etc., para exportar. La tarea primaria de la organización es algo que le permita sobrevivir dentro de ese proceso de:

- ***Importación***: adquisición de materias primas.
- ***Conversión***: transformación de las importaciones en exportaciones.

- ***Exportación***: colocación de los resultados de la importación y de la conversión.

El fundamento de este enfoque es que cualquier sistema de producción requiere tanto una organización tecnológica como una organización de trabajo. La tecnología limita la especie de organización de trabajo posible, aunque la organización presenta propiedades sociales y psicológicas propias pero independientes de la tecnología.

Las organizaciones tienen una doble función: técnica (relacionada con la coordinación del trabajo e identificación de la autoridad) y social (referente a los medios de relacionar las personas, para lograr que ellas trabajen juntas).
El subsistema técnico es determinado por los requisitos típicos de las tareas que son ejecutadas por la organización. La tecnología determina el tipo de entrada humana necesaria a la organización. También es el factor determinante de la estructura organizacional y de las relaciones entre los servicios. Pero este subsistema no puede ser visualizarse aisladamente, ya que es el responsable por la eficiencia potencial de la organización. Los subsistemas técnico y social coexisten, si uno se altera, el otro tendrá repercusiones.

1.5.3 El modelo de organización bajo el enfoque cibernético

El propósito de la cibernética es desarrollar un lenguaje y técnicas que nos permitan atacar los problemas de control y comunicación en general.

Lo que estabiliza y coordina el funcionamiento de los sistemas complejos como los seres vivos o las sociedades y les permite hacer frente a las variaciones del ambiente y presentar un comportamiento más o menos complejo es el *control*, que le permite al sistema seleccionar los ingresos (inputs) para obtener ciertos egresos (outputs) predefinidos.

La regulación está constituida por la cibernética, que es una disciplina íntimamente vinculada con la teoría general de sistemas, al grado en que muchos la consideran inseparable de esta, y se ocupa del estudio de: el mando, el control, las regulaciones y el gobierno de los sistemas mecanismos que permiten al sistema mantener su equilibrio dinámico y alcanzar o mantener un estado.

Para entender la estructura y la función de un sistema no debemos manejarlo por separado, siempre tendremos que ver a la Teoría General de Sistemas y a la Cibernética como una sola disciplina de estudio.

Sistema de control

Un sistema de control estudia la conducta del sistema con el fin de regularla de un modo conveniente para su supervivencia. Una de sus características es que sus

elementos deben ser lo suficientemente sensitivas y rápidas como para satisfacer los requisitos para cada función del control.

Elementos básicos

- Una variable; que es el elemento que se desea controlar.
- Los mecanismos sensores que son sencillos para medir las variaciones a los cambios de la variable.
- Los medios motores a través de los cuales se pueden desarrollar las acciones correctivas.
- Fuente de energía, que entrega la energía necesaria para cualquier tipo de actividad.
- La realimentación que a través de la comunicación del estado de la variable por los sensores, se logra llevar a cabo las acciones correctivas.

Método de control

Es una alternativa para reducir la cantidad de información recibida por quienes toman decisiones, sin dejar de aumentar su contenido informativo. Las tres formas básicas de implementar el método de control son:

- ***Reporte de variación***: esta forma de variación requiere que los datos que representan los hechos reales sean comparados con otros que representan los hechos planeados, con el fin de determinar la diferencia. La variación se controla luego con el valor de control, para determinar si el hecho se debe o no informar. El resultado del procedimiento, es que únicamente se informa a quién toma las decisiones acerca de los eventos o actividades que se apartan de modo significativo que los planes, para que tomen las medidas necesarias.

- ***Decisiones Programadas***: otra aplicación de sistema de control implica el desarrollo y la implantación de decisiones programadas. Una parte apreciable de las decisiones de carácter técnico y una parte pequeña de las decisiones tácticas abarcan decisiones repetitivas y rutinarias. Diseñando el sistema de información de manera que ejecute esas decisiones de rutina, el analista proporciona a los administradores más tiempo para dedicarse a otras decisiones menos estructuradas. Si se procura que el sistema vigile las órdenes pendientes y se programa las decisiones de cuáles pedidos necesitan mayor atención, se logrará un significativo ahorro de tiempo y esfuerzo.

- ***Notificación automática***: en este caso, el sistema como tal, no toma decisiones pero como vigila el flujo general de información puede proporcionar datos, cuando sea preciso y en el momento determinado.

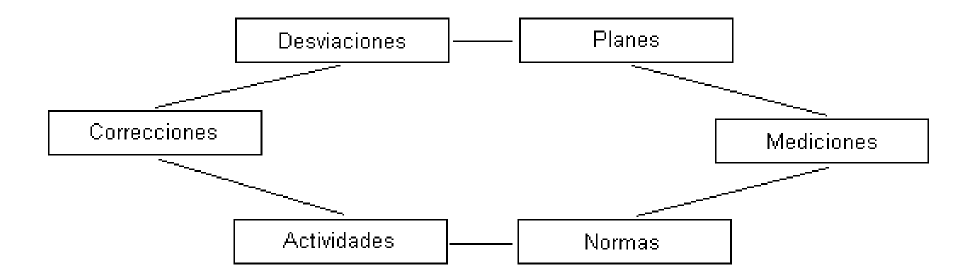
Las notificaciones automáticas se hacen en algunos criterios predeterminados, pero solo quienes toman las decisiones deben decir si es necesario o no emprender alguna acción.

El sistema de control en las organizaciones

El control es uno de los cinco subsistemas corporativos (organización, planificación, coordinación y dirección son los restantes) los cuales son muy difíciles de separar con respecto al de control. De ello se desprende todo el proceso administrativo, debe considerarse como un movimiento circular, en el cual todos los subsistemas están ligados, la relación entre la planificación y el control es muy estrecha ya que el directivo fija el objetivo y además normas, ante las cuales se contrastan y evalúan acciones.

Es necesario ver al control para determinar si las asignaciones y las relaciones en la organización están siendo cumplimentadas tal como se las había previsto.

Gráfico1. Sistema o proceso de control



Este gráfico representa el proceso de control como un sistema cerrado, es decir que posee la característica de la realimentación o autorregulación. El movimiento es circular y continuo, produciéndose de la siguiente manera: se parte de la actividad o realidad a la cual debemos medir, con el auxilio o utilización de normas, efectuada la decisión comparamos los resultados de los planes, de esta manera la realidad quedará ajustada para el futuro. Se nota en este punto que no sólo la realidad puede ser ajustada, otras veces son los planes los que necesitan corrección por estar sensiblemente alejado de las actividades.

1.6 Apreciación crítica de la teoría de sistemas

De todas las teorías, la TGS es la menos criticada, ya que aún no ha transcurrido suficiente tiempo para su análisis más profundo. Sin embargo, una apreciación crítica de la TGS, lleva a los siguientes aspectos:

Confrontación entre teorías de sistema abierto y de sistema cerrado

Hay varias implicaciones críticas entre distinguir un sistema abierto y uno cerrado, desde el punto de vista administrativo, están las siguientes del sistema abierto:

- La naturaleza dinámica del ambiente está en conflicto con la tendencia estática de la organización. Está constituida para autoperpetuarse en lugar de cambiar de acuerdo a las transformaciones del ambiente.
- Un sistema organizacional rígido no podrá sobrevivir si no responde adaptándose al entorno.
- Un sistema abierto necesita garantizar la absorción de sus productos por el ambiente. Para garantizar su viabilidad, debe ofrecer al ambiente productos por el necesitados o crearle necesidad de tales productos.
- El sistema necesita, de constante y depurada información del ambiente. Para el sistema es indispensable una realimentación constante, depurada y rápida.

Contrario a ese enfoque abierto, la perspectiva de sistema cerrado indica las siguientes distorsiones:

- Conduce el estudio y la práctica administrativa a una concentración en reglas de funcionamiento interno, la eficiencia como criterio primario de la viabilidad organizacional y por ende, énfasis en procedimientos y no en programas.
- La perspectiva de organización como sistema cerrado, se da por insensibilidad de la administración tradicional a las diferencias entre ambientes organizacionales y por la desatención a la dependencia entre la organización y su ambiente. Soluciones, instrumentos y técnicas son intertransferibles, ya que el ambiente no hace la diferencia.
- La perspectiva de la organización como sistema cerrado, lleva a la insensibilidad hacia la necesidad de cambios y adaptación continua y urgente de las respuestas de la organización al ambiente. En un ambiente de rápido cambio, las organizaciones desaparecerán si no se adaptan al cambio.

1.7 Características básicas del análisis sistemático

Las principales características de la moderna teoría de la administración basada en el análisis sistemático son las siguientes:

- ***Punto de vista sistemático***: la moderna teoría visualiza a la organización como un sistema constituido por cinco partes básicas: entrada, salida, proceso, realimentación y ambiente.

- ***Enfoque dinámico***: el énfasis de la teoría moderna es sobre el proceso dinámico de interacción que ocurre dentro de la estructura de una organización.

- ***Multidimensional y multinivelado***: se considera a la organización desde un punto de vista micro y macroscópico. Es micro cuando es considerada dentro de su ambiente (sociedad, comunidad, país); es macro cuando se analizan sus unidades internas.

- ***Multimotivacional***: un acto puede ser motivado por muchos deseos o motivos. Las organizaciones existen porque sus participantes esperan satisfacer ciertos objetivos a través de ellas.

- ***Probabilístico***: la teoría moderna tiende a ser probabilística. Con expresiones como "en general", "puede ser", sus variables pueden ser explicadas en términos predictivos y no con certeza.

- ***Multidisciplinaria***: busca conceptos y técnicas de muchos campos de estudio. La teoría moderna presenta una síntesis integradora de partes relevantes de todos los campos.

- ***Descriptivo***: buscar describir las características de las organizaciones y de la administración. Se conforma con buscar y comprender los fenómenos organizacionales y dejar la escogencia de objetivos y métodos al individuo.

- ***Multivariable***: tiende a asumir que un evento puede ser causado por numerosos factores interrelacionados e interdependientes. Los factores causales podrían ser generados por la realimentación.

- ***Adaptativa***: un sistema es adaptativo. La organización debe adaptarse a los cambios del ambiente para sobrevivir. Se genera como consecuencia una focalización en los resultados en lugar del énfasis sobre el proceso o las actividades de la organización.

Carácter integrativo y abstracto de la teoría de sistemas

La TGS se considera demasiado abstracta y conceptual, por lo tanto, de difícil aplicación a situaciones gerenciales prácticas. Auque tiene gran aplicabilidad, su enfoque sistemático es básicamente una teoría general comprensible, que cubre todos los fenómenos organizacionales. Es una teoría general de las organizaciones y de la administración, una síntesis integradora.

El efecto sinérgico de las organizaciones como sistemas abiertos

Una fuerte causa para la existencia de organizaciones, es su efecto sinérgico, es decir, en el resultado de una organización pueden diferir en cantidad o en calidad la suma de los insumos. La palabra sinergia viene del griego (syn = con y ergos = trabajo) y significa trabajo en conjunto. Cada participante de la organización espera que los beneficios personales de su participación, sean mayores que sus costos personales de participación. Existe sinergia cuando dos o más causas producen, actuando conjuntamente, un efecto mayor que la suma de efectos que producirían actuando individualmente.

El hombre funcional

La TGS se basa en la teoría del hombre funcional. El individuo desempeña un papel dentro de la organización, interrelacionándose con los demás individuos, como un sistema abierto. En sus acciones basadas en roles, mantiene expectativas respecto al rol de los demás y envía a los demás sus expectativas. Esa interacción altera o refuerza el papel. Las organizaciones son sistemas de roles, en las cuales los individuos actúan como transmisores de roles y organizadores.

Actividad de refuerzo:
Ahora, abordados los temas que nos permiten estudiar una organización bajo el enfoque sistémico, retome el ejercicio del análisis de la empresa y enmarque los aspectos que relacionó en una de las propiedades de los sistemas en el contexto organizativo o en una de las características de las organizaciones como sistemas abiertos.
Tenga en cuenta para esta equivalencia las definiciones establecidas a lo largo de la temática.
Puede guiarse por el siguiente cuadro

Empresa:		
Aspectos	***Descripción***	***Propiedad o característica relacionada***
Razón social		
Dirección		
...		
... etc		

Ejercicio práctico: En pequeños grupos de trabajo
Se tiene la siguiente panorámica de una situación problema en una empresa relativamente joven:

La empresa Parking Park tomó un edificio de 5 pisos en arriendo a finales del año pasado, para ser utilizado como parqueadero.

Transcurridos ya 5 meses de funcionamiento del parqueadero, se observa gran flujo de automotores y por lo tanto congestión en la distribución de los mismos en él, pues la zona donde se encuentra ubicado es comercial.

Por lo tanto la empresa ha decidido contratarlos para que analicen, diseñen y desarrollen una solución que pueda controlar el acceso de cada vehículo al parqueadero, datos del vehículo, hora de entrada, hora de salida, lugar indicado de parqueo.

Debe poseer un control a la entrada y a la salida del parqueadero, para poder contar con datos de los vehículos que han ingresado y además sirva para conocer el valor que debe pagar cada cliente.

Las condiciones iniciales son las siguientes:

- El cupo máximo para parqueo de vehículos en cada piso es de 50.
- Cada piso del edificio se encuentra diseñado acorde a la capacidad de los automotores en tamaño (Automóviles, Camionetas, Buses), de la siguiente manera: El primer piso permite alojar buses, el segundo camionetas y del tercero al quinto automóviles.
- El horario de atención del parqueadero es de 24 horas. Las tarifas manejadas son las siguientes:

Tipo de vehículo	**Tiempo**	**Valor**
Automóvil	1 Hora ó fracción	800
Camiones	1 Hora ó fracción	1200
Buses	1 Hora ó fracción	1600

También solicitan, como objetivo principal, guardar los datos de parqueo día a día, pues en este momento es un requisito de seguridad de todo parqueadero poder brindar, en determinado momento, la información básica de los automóviles registrados en una fecha y horas solicitadas : (placas, modelo, tipo), hora de entrada, hora de salida y valor cobrado.

La empresa está en sus manos, establezca una solución teniendo en cuenta el enfoque sistémico planteado a lo largo del capítulo. ¡EXITOS!

CAPÍTULO 2. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS EN LOS SISTEMAS

Activación cognitiva:
Es hora de involucrar aspectos propios de la ingeniería de sistemas y del análisis de sistemas con el enfoque de sistemas que da la TGS.
Para ello, debe plantear el análisis y la solución de un problema a través de un flujograma.
El problema debe reunir ciertas características:
- Debe ser real
- Debe ser solucionable
- Debe pertenecer a un área específica de sistemas

En el flujograma deben señalar los aspectos relevantes o prioritarios que ayudaron a obtener la solución.

La idea de “práctica de sistemas” implica un deseo por averiguar cómo utilizar los conceptos de sistemas, planteados por la TGS y vistos a lo largo del módulo, para tratar de solucionar problemas.

Para ello es necesario tomar una generalidad de cada una de las posibles clasificaciones de sistemas y buscar su aplicación al sistema que se desea solucionar.

En primer lugar habrá mucho que aprender de los sistemas naturales (flujos de energía), en segundo lugar se pueden usar los sistemas diseñados, ya sean físicos o abstractos, de acuerdo al objetivo trazado; y en tercer lugar podemos utilizar la palabra ingeniería en su sentido más amplio: sistemas de actividad humana.

La última idea sugiere un posible enfoque a la práctica de sistemas destinada a la solución de problemas del mundo real, estos se podrán solucionar al *identificar, diseñar e implementar* sistemas de actividad humana.

Así pues, es necesario comenzar con una exploración del pensamiento y de la práctica de sistemas, como base de la solución de problemas, teniendo en cuenta una resolución de sistemas, una regulación de sistemas y por último una teoría de la información, las cuales apoyan sin lugar a duda la aplicación de la TGS en sistemas del mundo real.

2.1 Teoría general de sistemas en la resolución de sistemas

2.1.1 Clasificación de los problemas

El todo es insuficiente, incierto, conflictivo: la totalidad siempre está abierta. Es muy difícil aislar un sistema (holón, holos /on) respecto de los sistemas a los que permanece asociado. Desde el momento en que hablamos de “interrelaciones”,

“emergencias”, “morfogénesis”, nos damos cuenta de la imposibilidad, para un sistema, de clausurarse totalmente sobre sí mismo. Como dice A. Tilden, la idea de totalidad es ecosistémica. Por este motivo podemos decir junto con A. Koestler que el sistema es un concepto jánico. Como el dios romano de las dos caras situado en la entrada de las casas romanas, el sistema es todo y parte. Unidad global, por un lado y parte de otra unidad por otro: un holon, nos dice Koestler es “una estructura integrada y estable, equipada con dispositivos autorreguladores y en posesión de un grado notable de autonomía o autogobierno… en tanto que partes se hallan subordinadas a los centros que son superiores dentro de la jerarquía; pero al mismo tiempo operan como todos cuasi autónomos. Presentan una doble faz jánica”. Antes había dicho Koestler “en contra de tan arraigados hábitos de pensamiento, y de la reflexión que han suscitado en algunas escuelas filosóficas, las partes y los todos en un sentido absoluto no existen en lugar alguno, ni en el ámbito de los organismo vivientes, ni en el de las organizaciones sociales, ni en el Universo en general”.

El mismo autor añade: “El todo es incierto porque aquello a lo que llamamos “frontera” no solo hay que verlo como lo que separa sino también como lo que une. Dicho de otro modo; el todo es incierto porque todo sistema está siempre relativamente abierto y ello es condición indispensable para la creación sistémico-organizacional de la autonomía tanto física como biológica, social, cultural (intercambio de materia, energía, información, etc.). Bertalanffy decía que “a la postre los límites son más dinámicos que espaciales”. Los límites no son tan transparentes como se suele creer. Los límites espaciales de una célula o de un organismo son bastante vagos porque hay un permanente flujo de moléculas que salen y entran. Los límites de una sociedad no son menos vagos por lo mismo: permanente entrada de información que incluso puede llevar a la desestabilización del orden de una determinada sociedad (las sociedades cambian a partir de factores internos y externos). Como dice Lazslo se trata de sistemas del tercer estado, aquellos sistemas susceptibles de producir bifurcaciones, indeterminación y autoorganización.

Los elementos de un sistema interactúan consigo mismos y entre ellos mismos produciendo una singularidad del sistema. Esta singularidad interactúa nuevamente sobre los elementos, potencializando transformaciones sobre el sistema y eventuales restricciones sobre los elementos (Humberto Maturana presenta una idea similar en el sistema autopoyético). Este principio denota una de las características de los sistemas autoorganizados (La autopoiesis es la manera de existir de un sistema viviente y su manera de ser una entidad autónoma).

2.1.2 Análisis de sistemas

El concepto general de un sistema hace referencia a un conjunto de partes interrelacionadas que interactúan para alcanzar un objetivo. Esas partes que

conforman el sistema, pueden llamarse subsistemas. Una forma de conocer un sistema es aplicando un enfoque reduccionista, es decir, estudiar un fenómeno complejo a partir del análisis de sus elementos o partes componentes (recuerden enfoque reduccionista).

Sin embargo, a partir del análisis de los componentes de un sistema puede concluirse que la aplicación de este enfoque nos conducirá a “desconocer” las relaciones biunívocas entre sus partes, lo que no nos permite apreciar un sistema como una totalidad. Sin embargo no debemos rechazar este enfoque, ya que una prueba evidente de su validez, la encontramos en el resultado de su aplicación, en un crecimiento del saber humano, en una especialización acerca de nuevas especificidades de un sistema físico o conceptual.
Debemos reconocer la imposibilidad de conocer la parte sin conocer el todo y de conocer el todo sin conocer las partes, porque hay un todo al interior de la parte.

En conclusión una de las mejores formas de analizar un sistema, es descomponiéndolo en sus unidades, analizarlas, establecer sus interrelaciones, comprender su función y así llegar a conocer el sistema total.

El análisis de sistemas se centra en los problemas de la elección de criterios de desempeño, selecciona alternativas a compararse, trabajando con intangibles e incertidumbres y tomando en cuenta el hecho de que el tiempo es un aspecto importante tanto para las ganancias como para los costos de cualquier proyecto.

La metodología formal del análisis de sistemas tiene muchas similitudes con la metodología de la ingeniería de sistemas (ingeniería del software), pero para identificarla plenamente a continuación se describen sus elementos esenciales :

- Un objetivo u objetivos que deseamos alcanzar.
- Técnicas alternativas o conductos (o “sistemas”) mediante los cuales se puede alcanzar el objetivo.
- Los “costos” o recursos que requiere cada sistema.
- Un modelo o modelos matemáticos; por ejemplo, el marco matemático o lógico o grupo de ecuaciones que muestran la interdependencia entre los objetivos, las técnicas y los conductos, el medio y los recursos.
- Un criterio que relaciona los objetivos y los costos o recursos para elegir la alternativa óptima o preferida.

Estos son los elementos en el enfoque. El hacer uso de ellos depende de la intuición o juicio, el análisis de sistemas es un marco que permite el juicio de los expertos en numerosos subcampos a combinarse.

Un punto importante para aclarar es que la palabra “sistema” en el análisis de sistemas tiene dos connotaciones:

- Refiriéndose a un "complejo total", de equipo, personas y procedimientos y no sólo un requerimiento para un elemento específico o aislado.
- Para indicar que el análisis debe ser global, para tomar en cuenta muchos factores(financieros, técnicos, políticos, estratégicos) que afectarán la decisión sobre un problema importante.

Quade y Boucher (1968), describen muy bien el análisis de sistemas:

"Uno se esfuerza por mirar el problema completo, como un todo, en contexto, y en comparar elecciones alternativas bajo la luz de sus resultados posibles. Se requieren tres tipos de indagación, cada una de las cuales puede modificar a las otras durante el transcurso del trabajo. Existe una necesidad, antes que todo, de hacer una investigación sistemática de los objetivos de quienes toman las decisiones y de los criterios importantes para decidir de entre las alternativas que prometen alcanzar estos objetivos. A continuación se necesita identificar a las alternativas, examinar su viabilidad, y después comparadas en términos de su efectividad y costo, tomar en cuenta el tiempo y riesgo. Finalmente, se debe hacer un intento por diseñar alternativas mejores y seleccionar otras metas si las que se examinaron previamente se descubren defectuosas."[5]

2.1.3 Síntesis de sistemas

Hablar de síntesis es sinónimo de comprender un sistema o elemento a través de su expresión más homogénea considerándolo como una unidad, es decir viéndolo como un todo.

Este enfoque contrario al análisis, nos permite apreciar que hay fenómenos que sólo pueden ser explicados tomando en cuenta el todo que los comprende y del que forman parte a través de su interacción. A medida que los sistemas (u "objetos de estudio") van siendo más complejos, (es decir, no sólo están constituidos por más partes, sino que también la interacción entre ellas se hace cada vez más compleja), parece ser que la explicación de los fenómenos que presentan las conductas de esos sistemas tienden a tomar en cuenta su "medio", su entorno, es decir, su "totalidad".

Esto nos puede llevar a meditar que quizá conductas de sistemas (personas, animales, grupos, comunidades, sociedades, etc.) que hoy en día nos parecen extrañas, inexplicables, imposibles de predecir, etc., tengan una respuesta adecuada si ampliamos el "objeto de investigación" y lo integramos en su totalidad.

Un concepto totalizante es indispensable en diversos campos: en biología, el concepto de organismo; el concepto de individuo en psicología; el concepto de

[5] CHECKLAND, Peter(2004). "*Pensamiento de sistemas. Práctica de sistemas*". México: editorial Limusa. p. 160

instituciones y clases sociales en sociología; el concepto de nación en las ciencias políticas contemporáneas; el concepto de cultura en antropología, etc. Cada uno de estos sistemas se presenta en forma natural, simplemente lo percibimos así.

2.1.4 Estrategia de ataque

La visión de ir transformando a la organización en “inteligente” ha sido desarrollada con acierto, fundamentalmente como justificación o razón de ser de la Dirección del Conocimiento, por Senge (1990), Quinn (1992), De Geus (1988 y 1997) y Spencer (1999), La “organización inteligente” puede ser definida como el sistema sociotécnico abierto que es capaz de aprender y, en consecuencia, de saber transformarse y adaptarse de forma “virtual” a los cambios del entorno.

Para el primer autor esta “organización inteligente” y, en consecuencia sus procesos de aprendizaje, se apoyan en cinco enfoques o “disciplinas”:

- El “dominio personal” o las capacidades de las personas de ser y saber hacer.
- Los “modelos mentales” o cognoscitivos, es decir, el sistema de razonamiento de las personas que integran la organización.
- El “papel del liderazgo” o de la visión compartida de la organización.
- La “importancia del aprendizaje en equipo” o la evidencia de la “inteligencia compartida”, y
- El “pensamiento sistémico” o la forma de interactuar las ideas y los conceptos en la organización, manera básica de llegar a compartir conocimientos, objetivos y acciones.

2.1.5 Descomposición en elementos

Como se enunció antes, un sistema puede ser analizado desde varios puntos de vista, uno de los cuales nos conduce a aplicar un enfoque donde se descompone el sistema en sus elementos (visión reduccionista). Este criterio no nos debe permitir olvidar que es necesario que de todas maneras exista un elemento o factor que realice la integración de sus partes teniendo en cuenta las complejas interacciones que las sustentan.

Los sistemas consisten en individualidades; por lo tanto son indivisibles como sistemas. Poseen partes y subsistemas, pero estos son ya otras individualidades. Pueden formar parte del sistema, pero no son del sistema que deseamos o buscamos. Para encontrarlo, debemos reunir aquellas partes y aquellos

subsistemas y eliminar las otras partes y subsistemas que están de más, o pertenecen a otro sistema o, por no tener relación directa con nuestro sistema, sus comportamientos no lo afectan.

2.1.6 Caja negra

(Concepto visto en aportes semánticos de la TGS, pero se estructura su idea en este punto).

El concepto de caja negra siempre se ha asociado al término de aviación que consiste en el dispositivo que permite la grabación de la totalidad de los parámetros de un vuelo, por ejemplo, la altitud, la velocidad, los cambios de nivel, de presión, estado de los motores, etc, así como también las conversaciones entre los pilotos y los pasajeros. Este dispositivo no es descifrable a simple vista y es un elemento del cual desconocemos su composición; es decir, es un elemento “negro” en nuestro conocimiento.

En el ámbito de los sistemas, el término caja negra aparece en cibernética, una teoría de los sistemas de control basada en la comunicación (transferencia de información) entre sistema y medio circundante, y dentro del sistema, y en el control (realimentación) del funcionamiento del sistema en consideración al medio.

Sin embargo, en la Teoría de Sistemas, al tratar el problema de la **caja negra** hay que comenzar por explicar que, en realidad, se trata de una variedad de casos cubiertos por este rótulo. Tienen en común la circunstancia de que el comportamiento y/o la organización del sistema considerado no se conocen por completo y tienen que ser determinados. Asimismo, las cantidades externas del sistema - sean entradas o salidas - se suponen observables o medibles al nivel de resolución respectivo y pueden obtenerse por experimentación.

De acuerdo al grado de conocimiento que tengamos respecto del comportamiento y/o la organización del sistema investigado podremos diferenciar las distintas variedades del problema de **caja negra**. Pero queda claro que en todos los casos *de lo que se trata es de determinar el comportamiento, proceso y/o estructura del sistema*.

Para clarificar el resto de esta nota es conveniente que redefinamos la noción de sistema.

Usaremos el concepto de sistema como un conjunto dado de estados junto con un conjunto de transiciones entre esos estados, donde puede ocurrir, aunque no es necesario que suceda, que cada transición tenga asociada una probabilidad de ocurrencia. Estamos llamando estados al *conjunto de los valores que tienen todas las variables del sistema en un momento dado*. Y los cambios admisibles de esos

valores son las transiciones. Cuando el sistema mantiene constante una parte de su organización, nos encontramos con su estructura. Veámoslo con un ejemplo:

Imaginemos el registro de datos meteorológicos, que se basen exclusivamente en temperatura, presión barométrica y porcentaje de humedad. En cada observación habrá un conjunto de tres valores, estado, que pueden oscilar dentro de ciertos límites, transiciones. Si cambiamos el nivel de resolución, haciendo unidad de tiempo el día, tendremos que un estado estará definido por los valores máximos y mínimos de cada una de las tres variables observadas.

¿Para qué establecimos lo anterior? porque fundamentalmente en el problema de *caja negra* trabajamos con un nivel de resolución y cantidades externas, y sólo eventualmente se añaden otros rasgos del sistema involucrado.
Cuando se trata de un sistema del cual conocemos por completo su organización y comportamiento, tenemos una *caja blanca*. Es un caso extremo del problema de *caja negra*. El otro extremo está representado por un sistema del que conocemos perfectamente su organización, pero ignoramos su comportamiento. Aquí se trata de un problema general de análisis de sistema.

Casos típicos de caja negra

- Del sistema sólo se conocen las cantidades, valores, externas y el nivel de resolución. No sabemos nada más, ni siquiera cuáles de las cantidades externas son entradas o salidas. Y el problema es determinar el comportamiento, la estructura y los rangos que pueden adoptar las variables del sistema. Es el caso del problema de *caja negra* puro.

- Conocemos las cantidades externas y el nivel de resolución, así como algunas o todas de las siguientes propiedades:
  a) Clasificación de las cantidades externas en entradas y salidas.
  b) Número de estados del sistema o un límite superior de este número.
  c) Tipos de elementos del sistema.
  d) Número de elementos del sistema o un límite superior de este número.
  e) La *caja negra* representa un sistema procedente de otro problema de *caja negra*.

  Se trata de determinar el comportamiento, los rangos de las variables y la estructura del sistema. Son los llamados problemas de *caja negra* adecuada.
  Si sólo hay que determinar los estados y transiciones del sistema, entonces se trata del problema denominado experimento de identificación del sistema o máquina. Es un caso que se ve en Teoría de Autómatas.

- Conocemos las cantidades externas, clasificadas en entradas y salidas, el nivel de resolución y los conjuntos completos de estados y transiciones. Hay que

determinar los rangos de las variables. *Es el problema de identificación de estados*.

Básicamente, el camino para solucionar el problema consta de las siguientes etapas:

- Se observan y miden en el tiempo las cantidades externas del sistema al nivel de resolución que corresponda, y se disponen todos los resultados obtenidos en forma de una única actividad o de un conjunto de actividades separadas. A veces podremos experimentar con esas cantidades externas, otorgándoles determinados valores y registrando la respuesta de las restantes. Los datos básicos serán siempre de la forma:

Tiempo	***Estados de Entrada y Salida***
…	**… …**
…	**… …**

- Se procesa la actividad obtenida para descubrir las relaciones atemporales entre cantidades.
- Se investiga el interior de la *caja negra*, si es posible, tratando de obtener toda la información que se pueda respecto de su organización.
- Se determina el comportamiento permanente o se formula una hipótesis al respecto en base a los resultados obtenidos.
- Se determina la organización o se formula una hipótesis sobre ella en base al comportamiento permanente y/o los otros hechos conocidos sobre el sistema.

Debe quedar claro que no siempre se necesitarán aplicar todas las etapas.

Imaginemos problemas de *caja negra*: por ejemplo, el preparador físico de un atleta. Sabe que las respuestas del atleta dependen de sus condiciones fisiológicas en determinado espacio de tiempo. Puede controlar algunos de los factores que lo determinan, como ser intensidad del entrenamiento, alimentación, masajes, etc. Se trata de descubrir qué conjunto de determinados valores de esos factores conducen al mejor estado del atleta, y reproducirlos antes de cada competencia. Obsérvese que este preparador tendrá un problema distinto para cada atleta que entrene.

Ejemplos más fáciles de entender son el caso del diagnóstico médico, terapias psicológicas, pronóstico del tiempo, etc.

El problema de caja negra puro

Supongamos que el sistema investigado se especifica solamente por sus cantidades externas, junto con un nivel de resolución espacio-tiempo.

La primera etapa será recoger algunos datos sobre el sistema. Esto no significa necesariamente que siempre podemos medir u observar directamente las cantidades consideradas. Puede ocurrir que se definan como ciertas funciones estadísticas características de algunas variables aleatorias. En ese caso los cálculos se efectuarán en base a los datos establecidos y se clasificarán respecto del nivel de resolución espacio-tiempo, permitiendo tener una actividad o un conjunto de actividades del sistema.

Como no sabemos qué cantidades representan las entradas y cuáles las salidas no podemos experimentar con el sistema.
Los problemas asociados con la medición y el pre-proceso de los datos primarios deben resolverse a nivel de la respectiva rama científica. Nosotros supondremos que se han obtenido una actividad o conjunto de actividades de alguna forma, y determinaremos los restantes rasgos del sistema, o por lo menos formularemos hipótesis razonables sobre ellos.

Supongamos que se haya obtenido un conjunto de matrices de actividad de una *caja negra*, siendo ésta un sistema discreto. Las diferentes matrices se habrán obtenido de diferentes copias del mismo sistema, difiriendo entre sí sólo en algunas especificaciones de espacio-tiempo irrelevantes, o que son de la misma muestra pero no a intervalos de tiempo sucesivos, de manera tal que no se pueden combinar en una sola actividad. Supongamos además que las matrices de actividad se han transformado previamente a la forma abstracta requerida por la Teoría de Sistemas. Nos referiremos por lo tanto más a variables que a cantidades.

Dado ese conjunto de matrices de actividad, determinaremos explícitamente la relación atemporal entre los valores actuales y/o pasados y/o futuros de las variables, es decir, entre algunas variables muestrales especificadas. Este es un problema ambiguo, ya que la relación depende críticamente de las variables muestrales elegidas. Diferentes conjuntos de variables muestrales aplicadas al mismo conjunto de actividades pueden conducir a tipos de relaciones bastantes diferentes. El conjunto elegido representa así nuestro punto de vista subjetivo sobre el sistema.

2.1.7 Identificación de estados

Al especificar los casos típicos del concepto de caja negra, es necesario detenernos en el tercero, que dice:

Si conocemos las cantidades externas, clasificadas en entradas y salidas, el nivel de resolución y los conjuntos completos de estados y transiciones: Hay que determinar los rangos de las variables.

En síntesis, cada una de las partes del sistema tiene alguna característica que la convierte en particular y especial en el sistema; para poder tener una visión real del mismo, debemos establecer los valores de cada uno (para el caso de un sistema discreto), o los rangos de valores (en un sistema continuo); esto nos permitirá definir las condiciones ideales de constatación de nuestro modelo conceptual del sistema.

2.2 Teoría general de sistemas en la regulación de sistemas

2.2.1 Regulación de sistemas[6]

El mundo (o el universo) puede ser representado como un sistema o como una colección de muchos sistemas (o subsistemas) que de una forma u otra actúan y se interrelacionan unos con otros dentro de una realidad dinámica. Existe entre ellos un continuo intercambio de energía y se llevan a cabo millares de procesos de conversión. Fuerzas van y vienen. A las acciones se suceden las reacciones que no sólo afectan al sistema sobre el cual se ejecuta la fuerza sino también sobre el sistema que la aplica y, aún más, sobre otros, que aparentemente, nada parecían tener que ver con aquel sistema que reacciona. En efecto, las acciones que toma el gobierno de un país repercuten, directa o indirectamente en la conducta de otros países y regiones que, en principio, parecían totalmente aislados. Un buen ejemplo lo encontramos actualmente en las repercusiones económicas que surgen en diferentes países, especialmente europeos, cuando los Estados Unidos deciden devaluar el dólar, o visto de otro ángulo, las políticas económicas desarrolladas por algún país europeo y seguidas por otros, terminan con la devaluación del signo monetario de un país ubicado en otro continente.

Sin embargo, a pesar de toda esta dinámica de fuerzas, de acción y reacción entre los diferentes sistemas, no existe un caos, sino un cierto orden y equilibrio que dan más una impresión de avance suave que de cambios y avances pronunciados (aunque conocemos perfectamente la existencia de un proceso creciente de cambio).

Este fenómeno, es decir, la acción equilibrada de la totalidad frente a la gran variabilidad que experimentan sus partes puede ser explicado a partir de dos concepciones diferentes. Una de ellas es el aparente equilibrio del sistema según la mecánica newtoniana y la otra es la teoría general de sistemas, especialmente desde el punto de vista de la cibernética.

En general, se dice que un sistema se encuentra en equilibrio cuando en promedio sus condiciones internas permanecen constantes, o cuando el todo permanece inmóvil durante el tiempo. Sin embargo, esta estabilidad está lejos de ser una

[6] JOHANSEN, Oscar (2004). "*Introducción a la Teoría General De Sistemas*". México: Editorial Limusa. p 111.

condición feliz o estadística. Más bien este equilibrio representa un tenue balance entre los ciclos hacia arriba y hacia abajo, entre la vida y la muerte, entre las acciones y reacciones que representan la conducta característica de los subsistemas que conforman al sistema en particular.

2.2.2. Equilibrio dinámico

Lazslo plantea una definición de sinergia desde el punto de vista de la variabilidad del sistema total en relación a la variabilidad de sus partes y enuncia la siguiente ley:

$Vt < Va + Vb + \ldots\ldots Vn$ ó $Vt < \Sigma\ (Vi)$

Lo que expresado en palabras significa que un objeto es un sistema cuando la variabilidad que experimenta la totalidad es menor que la suma de las variabilidades de cada una de sus partes o componentes. Este fenómeno lo podemos observar, por ejemplo, en las actividades de la totalidad de las abejas en un panal. Mirando en forma global, nos parece estar observando una enorme variabilidad en la conducta particular de cada abeja o grupos de abejas. Sin embargo, si consideramos el panal como una totalidad, podremos observar que su conducta es bastante equilibrada y ello nos permite predecir el comportamiento del panal como una empresa productora de miel de abejas. Por otra parte, si examinamos el problema de la temperatura del medio y la temperatura del cuerpo de sistemas vivos (por ejemplo, el hombre), podemos observar el siguiente fenómeno: la temperatura del medio, en un día cualquiera, es variable, oscila entre un punto mínimo y un punto máximo, en cambio la temperatura del cuerpo es constante.

Se puede observar que existe una gran variabilidad en el medio y una constancia en el cuerpo. El mecanismo que permite que esto suceda es el denominado "homeóstato" (derivado de homeóstasis). En otras palabras, a medida que varía la temperatura externa, el homeóstato va desarrollando un programa ya preparado y que pone en funcionamiento distintas reacciones químicas y físicas en el cuerpo humano que tienden a crear más calor (el tiritar) o a eliminar calor (la transpiración). Todo esto dentro de ciertos límites.

Ahora, si unimos los dos conceptos que se han desarrollado, la variabilidad de los subsistemas y la variabilidad del medio, podemos comprender el equilibrio que puede mostrar un sistema. En efecto, frente a los cambios externos que se producen en su medio, el sistema, provisto de los homeóstatos necesarios, aminora esos impactos, desarrollando programas pre-establecidos que tienden a hacer posible una serie de reacciones del medio. Por otra parte, el principio de la sinergia tiende a nivelar los *cambios internos* que sufren los subsistemas. Todo esto hace que un sistema tenga la propiedad de *autocontrol* y de *autorregulación* que lo lleva hacia un equilibrio homeostático o hacia un "estado permanente".

"El estado permanente se caracteriza por la mantención de una relación determinada y estable entre la energía que entra el sistema (corriente de entrada) y la energía que sale del sistema (corriente de salida)."

Esta situación no implica un estado inmóvil de equilibrio. Existe un flujo continuo de energía desde el medio externo y una exportación continua de los "productos" del sistema hacia el medio. Aunque, el sistema, en un estado permanente, a medida que pasa no es idéntico al organismo que fue, pero si, bastante similar, mantiene su mismo "carácter". Este intercambio con el medio permite que el sistema puede generar neguentropía y así obtener la energía necesaria para hacer funcionar los mecanismos homeostáticos correspondientes cuando los cambios del medio lo exigen, o los mecanismos de excepción cuando esos cambios superan el radio de acción de los mecanismos homeostáticos normales.

2.2.3 Estabilidad

Estabilidad no necesariamente significa falta completa de cambio, sino cambio dentro de determinados límites.

"La estabilidad implica unos límites en los cambios del sistema; pero, también, límites en las perturbaciones que se supone que el sistema debe soportar. Así, cuando hablamos de estabilidad, estamos hablando de dos cosas a la vez: un conjunto de comportamientos aceptables del sistema y un conjunto de supuestos comportamientos del entorno. Estamos, para decirlo de otra manera, definiendo una cierta región del espacio de estados del entorno y una región correspondiente del espacio de estados del sistema".

Si el sistema es esa parte del mundo que tiene interés inmediato para un análisis, la estabilidad se refiere a una relación entre el sistema y su entorno.

La supervivencia es la existencia continuada de un sistema.

2.2.4 Retroacción

Retroacción o retroinformación (feedback): es la función de retorno del sistema que tiende a comparar la salida con un criterio preestablecido, manteniéndola controlada dentro de aquel estándar o criterio.

El proceso de retroacción permite corregir o amplificar el proceso en un sistema; para el caso de amplificar la acción del sistema, se habla de retroacción positiva y cuando se corrige o modifica el curso de acción del sistema, se habla de retroacción negativa.

Veamos el caso de un bucle retroactivo recursivo:

“El bucle retroactivo es un proceso clave de organización activa, a la vez genésico, es decir que transforma los procesos turbulentos, desordenados, dispersos o antagonistas en una organización activa, genérico y generador (de existencia, de organización, de autonomía, de energía motriz). Las interacciones se vuelven retroactivas, secuencias divergentes o antagonistas dan nacimiento a un ser nuevo, activo, que continuará su existencia en y por el buclaje”.

"La idea de bucle (ciclo) no significa solamente refuerzo retroactivo del proceso sobre sí mismo. Significa que al final del proceso nutre su principio, por la vuelta del estado final del circuito sobre y en el estado inicial: el estado final se convierte de alguna manera en inicial, aunque sigue siendo final, y el estado inicial se convierte en final aunque siga siendo inicial. Lo que significa decir al mismo tiempo que el bucle es un proceso en que los productos y los efectos últimos se convierten en elementos y caracteres primeros. Este es un proceso recursivo: todo proceso cuyos estados o efectos finales producen los estados o causas iniciales".

Recursivo es entonces todo proceso por el que una organización activa produce los elementos y efectos que son necesarios para su propia generación o existencia, proceso en circuito por el que el producto o efecto último se convierte en elemento primero y causa primera.

2.2.5 Adaptabilidad jerarquizada

La adaptabilidad es la propiedad que tiene un sistema de aprender y modificar un proceso, un estado o una característica de acuerdo a las modificaciones que sufre el contexto (ambiente o entorno). Esto se logra a través de un mecanismo de adaptación que permita responder a los cambios internos y externos a través del tiempo.

Para que un sistema pueda ser adaptable debe tener un fluido intercambio con el medio en el que se desarrolla.

Los sistemas abiertos presentan intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas; intercambian energía y materia con el ambiente. Como resultado de esa interacción, deben desarrollar elementos adaptativos para poder sobrevivir. Su estructura es óptima cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptativa. En conclusión, la adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de auto-organización.

2.3 Teoría de la información

2.3.1 Comunicación e información

Teoría de la información, es la teoría relacionada con las leyes matemáticas que rigen la transmisión y el procesamiento de la información. Más concretamente, la teoría de la información se ocupa de la medición de la información y de la representación de la misma (como, por ejemplo, su codificación) y de la capacidad de los sistemas de comunicación para transmitir y procesar información.

La teoría de la información fue desarrollada inicialmente, en 1948, por el ingeniero electrónico estadounidense Claude E. Shannon, en su artículo, A Mathematical Theory of Communication (Teoría matemática de la comunicación). La necesidad de una base teórica para la tecnología de la comunicación surgió del aumento de la complejidad y de la masificación de las vías de comunicación, tales como el teléfono, las redes de teletipo y los sistemas de comunicación por radio.

La teoría de la información también abarca todas las restantes formas de transmisión y almacenamiento de información, incluyendo la televisión y los impulsos eléctricos que se transmiten en las computadoras y en la grabación óptica de datos e imágenes.

El término *información* se refiere a los mensajes transmitidos: voz o música transmitida por teléfono o radio, imágenes transmitidas por sistemas de televisión, información digital en sistemas y redes de computadoras, e incluso a los impulsos nerviosos en organismos vivientes. De forma más general, la teoría de la información ha sido aplicada en campos tan diversos como la cibernética, la criptografía, la lingüística, la psicología y la estadística.

Componentes de un sistema de comunicación

El tipo de sistema de comunicación más estudiado consta de varios componentes.

- El primero es una ***fuente de información*** (por ejemplo, una persona hablando) que produce un mensaje o información que será transmitida.

- El segundo es un ***transmisor*** (como, por ejemplo, un teléfono y un amplificador, o un micrófono y un transmisor de radio) que convierte el mensaje en señales electrónicas o electromagnéticas.

- Estas señales son transmitidas a través de un ***canal*** o medio, que es el tercer componente, como puede ser un cable o la atmósfera. Este canal es especialmente susceptible a interferencias procedentes de otras fuentes, que distorsionan y degradan la señal. (Algunos ejemplos de interferencias,

conocidas como ruido, incluyen la estática en la recepción de radios y teléfonos, y la nieve en la recepción de imágenes televisivas).

- El cuarto componente es el ***receptor***, como por ejemplo el de radio, que transforma de nuevo la señal recibida en el mensaje original.

- El último componente es el ***destinatario***, como por ejemplo una persona escuchando el mensaje.

Dos de las principales preocupaciones en la teoría de la información son la reducción de errores por interferencias en los sistemas de comunicación, y el uso más eficiente de la capacidad total del canal.

2.3.2 Medida clásica de la Información

Cantidad de información

Un concepto fundamental en la teoría de la información es que la cantidad de información contenida en un mensaje es un valor matemático bien definido y medible.

El término cantidad no se refiere a la cuantía de datos, sino a la probabilidad de que un mensaje, dentro de un conjunto de mensajes posibles, sea recibido.

En lo que se refiere a la cantidad de información, el valor más alto se le asigna al mensaje que menos probabilidades tiene de ser recibido. Si se sabe con certeza que un mensaje va a ser recibido, su cantidad de información es 0. Si, por ejemplo, se lanza una moneda al aire, el mensaje conjunto cara o cruz que describe el resultado, no tiene cantidad de información. Sin embargo, los dos mensajes por separado cara o cruz tienen probabilidades iguales de valor un medio. Para relacionar la cantidad de información (I) con la probabilidad, Shannon presentó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{I = \log_2 1/p}$$

donde p es la probabilidad del mensaje que se transmite y $\log_2$ es el logaritmo de 1/p en base 2. ($\log_2$ de un número dado ‘X’ es el exponente ‘Y’ al que tiene que ser elevado el número ‘2’ para obtener dicho número ‘X’. Por ejemplo, $\log_2$ de 8 = 3, porque $2^3 = 8$). Utilizando esta fórmula, obtenemos que los mensajes cara y cruz tienen una cantidad de información de $\log_2 2 = 1$.

La cantidad de información de un mensaje puede ser entendida como el número de símbolos posibles que representan el mensaje.

En el ejemplo anterior, si cruz está representado por un 0 y cara por un 1, sólo hay una forma de representar el mensaje: 0 o 1. El 0 y el 1 son los dígitos del sistema binario, y la elección entre estos dos símbolos corresponde a la llamada unidad de información binaria o bit. Si se lanza una moneda tres veces seguidas, los ocho resultados (o mensajes) igualmente probables pueden ser representados como 000,001, 010, 011, 100, 101, 110 o 111. Estos mensajes corresponden a los números 0, 1, 2, ...7 escritos en notación binaria. La probabilidad de cada mensaje es de un octavo, y su cantidad de información es $\log_2 1$? = 3, que es el número de bits que se necesitan para representar cada mensaje.

2.3.3 Información y entropía

La noción general en teoría de la comunicación es la de información. En muchos casos la corriente de información corresponde a una corriente de energía; p. Ej., si ondas luminosas emitidas por algunos objetos llegan al ojo o a una celda fotoeléctrica provocan alguna reacción del organismo o actúan sobre una máquina, y así portan información.

Es fácil, sin embargo, dar ejemplos en los cuales la información fluye en sentido opuesto a la energía, o en los que es transmitida información sin que corran energía o materia. El primer caso se da en un cable telegráfico, por el que va corriente en una dirección, interrumpiendo la corriente en un punto y registrado la interrupción en otro. A propósito del segundo caso, piénsese en las puertas automáticas con sistema fotoeléctrico: la sombra, la suspensión de la energía luminosa, informa a la celda de que alguien entra, y la puerta se abre. De modo que la información, en general, no es expresable en términos de energía.

Hay, sin embargo, otra manera de medir la información, a saber: *en términos de decisiones*.

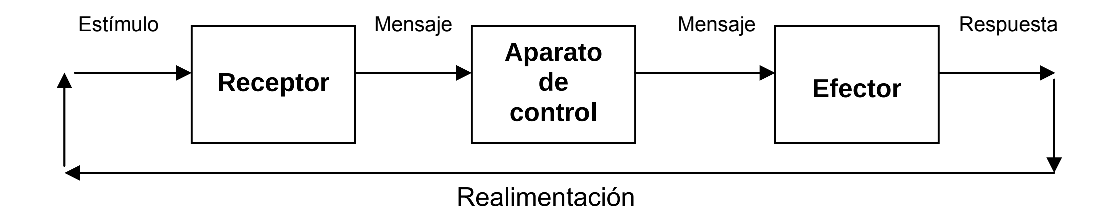
Tomemos el juego de las veinte preguntas, en el cual hay que averiguar de qué objeto se trata, respondiendo sólo "si" o "no". La cantidad de información trasmitida en una respuesta representa una decisión entre dos posibilidades, por ejemplo, "animal" o "no animal". Con dos preguntas es posible decidir entre cuatro probabilidades: "mamífero"- "no mamífero", o “planta con flores”-"planta sin flores". Con tres respuestas se trata de una decisión entre ocho, etc. Así el logaritmo de base 2 de las decisiones posibles puede ser usado como medida de información contenida en dos respuestas es $\log_2 4=2$ bits, entre respuestas, $\log_2 8=3$ bits, etc.

Esta medida de la información resulta ser similar a la de la entropía, o más a la de la entropía negativa, puesto que la entropía es definida como logaritmo de la probabilidad. Pero la entropía, como ya sabemos, es una medida del desorden; ahí que la entropía negativa o información sea una medida del orden o de la organización, ya que la última, en comparación con la distribución al azar, es un estado improbable.

El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediablemente condenados a la desorganización. No obstante hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización (neguentropía).

Otro concepto céntrico de la teoría de la comunicación y el control es el de realimentación. El siguiente es un esquema sencillo de realimentación. El sistema comprende, primero, un receptor u "órgano sensorio", ya sea una celda fotoeléctrica, una pantalla de radar, un termómetro o un órgano sensorio en sentido biológico. En los dispositivos tecnológicos, el mensaje puede ser una corriente débil; o en un organismo vivo estar representado por la conducción nerviosa, etc.

Gráfico 2. Esquema sencillo de realimentación



Hay luego un centro que recombina los mensajes que llegan y los transmite a un efector, consistente en una máquina como un electromotor, un carrete de calentamiento o solenoide, o un músculo que responde al mensaje que llega, de tal manera que haya considerablemente emisión de energía. Por último, el funcionamiento del efector está empalmado al receptor, lo cual hace que el sistema se autorregule, o sea que garantiza la estabilización o la dirección de acción.

2.3.4 Otras medidas de información

El fenómeno de la entropía tiene efectos en la información. Las informaciones son comunicadas a través de mensajes que son propagados desde un punto (fuente) a otro (receptor) dentro del sistema social, a través de canales de comunicación y utilizando diversos medios. Es evidente que las informaciones contenidas en los mensajes pueden sufrir deformaciones, interrupciones o accidentes. Estas eventuales alteraciones del mensaje durante su transmisión, tienen una gran

importancia, porque pueden significar una modificación substancial de la información.

En realidad podemos pensar que la información que proporciona un mensaje al ser transmitido, tiende a disminuir, pero nunca a aumentar. Esa pérdida de información equivale a la entropía. Ahora bien, la información, como tal, puede considerarse como una disminución de la incertidumbre o del caos, y en este sentido, la información tiende a combatir la entropía; *la información es, pues, neguentropía*.

En ese sentido, podemos suponer la relación:

Información = (-) entropía

o bien,

Información = Neguentropía

Aún más, la cibernética ha llegado a definir la entropía negativa (o neguentropía) y la información mediante una transición en dos sentidos:

Información ←➔ Neguentropía

De Beauregard, ha indicado:

"Nótese que el significado de la palabra "*información*" no es lo mismo en los dos sentidos. En la transición directa neguentropía información, ésta última significa la adquisición de conocimientos; este es el sentido moderno, y la transición correspondiente parece ser el proceso elemental de *observación*. En la transición recíproca Información - neguentropía, información significa poder de organización: es el antiguo sentido aristotélico, y la transición correspondiente parece indicar el proceso elemental de acción."

Las relaciones entre entropía e información se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Relaciones entre entropía e información

Información (I)	***Versus***	***Entropía (S)***
Información	***I = - S***	***Incertidumbre***
Neguentropía		Entropía
Señal		Ruido
Precisión		Error
Forma		Caos
Regularidad		Azar
Modelo o forma		Falta de modelo o forma
Orden		Desorden
Organización		Desorganización

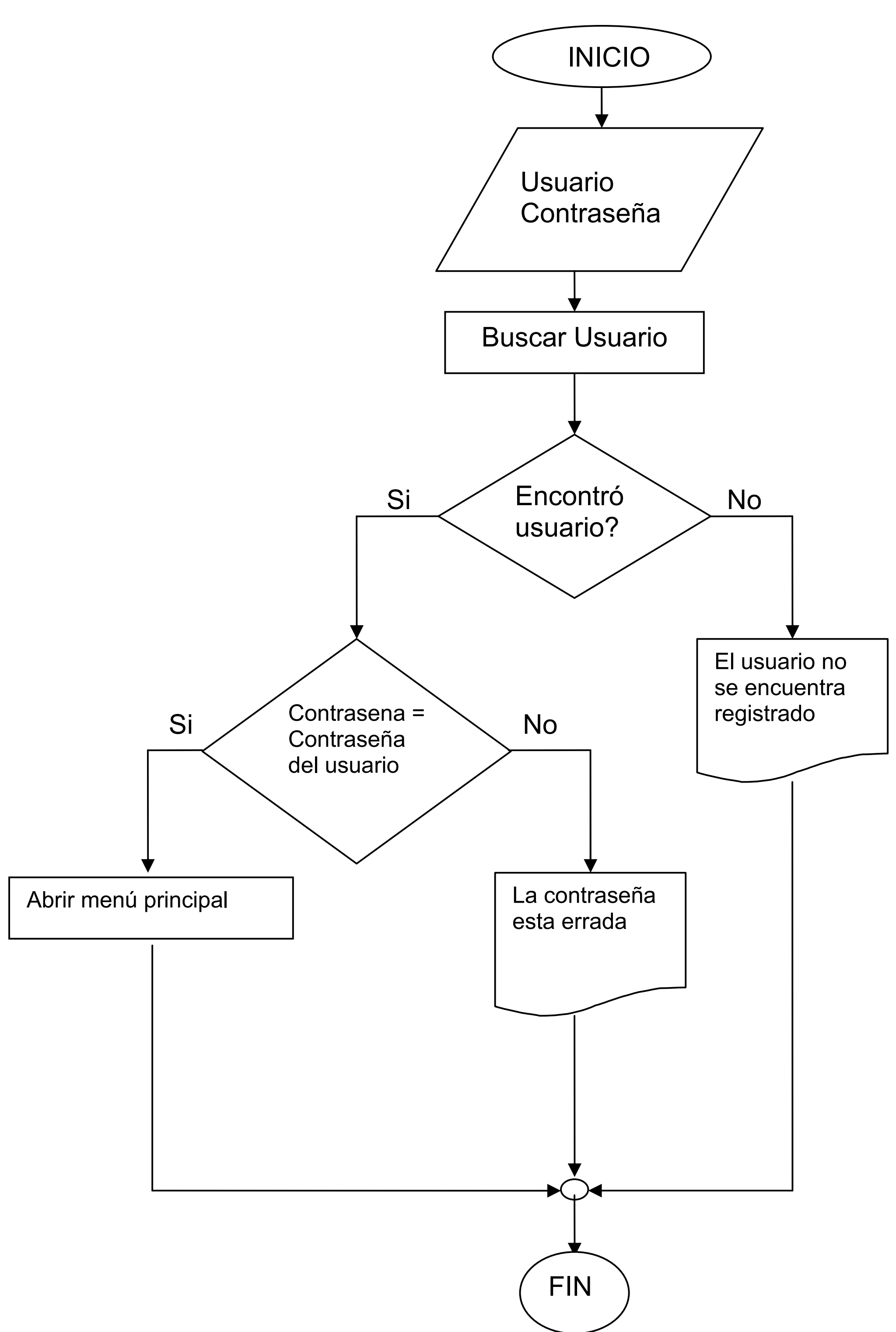
Información (I)	***Versus***	***Entropía (S)***
Complejidad regular		Simplicidad regular
Heterogeneidad		Homogeneidad
Improbabilidad		Probabilidad
Una sola alternativa describe correctamente la forma		Más de una alternativa describe correctamente la forma

Como se indica, mientras la entropía es una medida de desorden, la información es una medida de organización. Esto quiere significar que si comenzamos a obtener informaciones referentes a algunos hechos desordenados y al azar, es posible que comencemos a encontrar ciertas relaciones y que finalmente, podamos estructurar un modelo que nos describa la conducta de esos eventos.

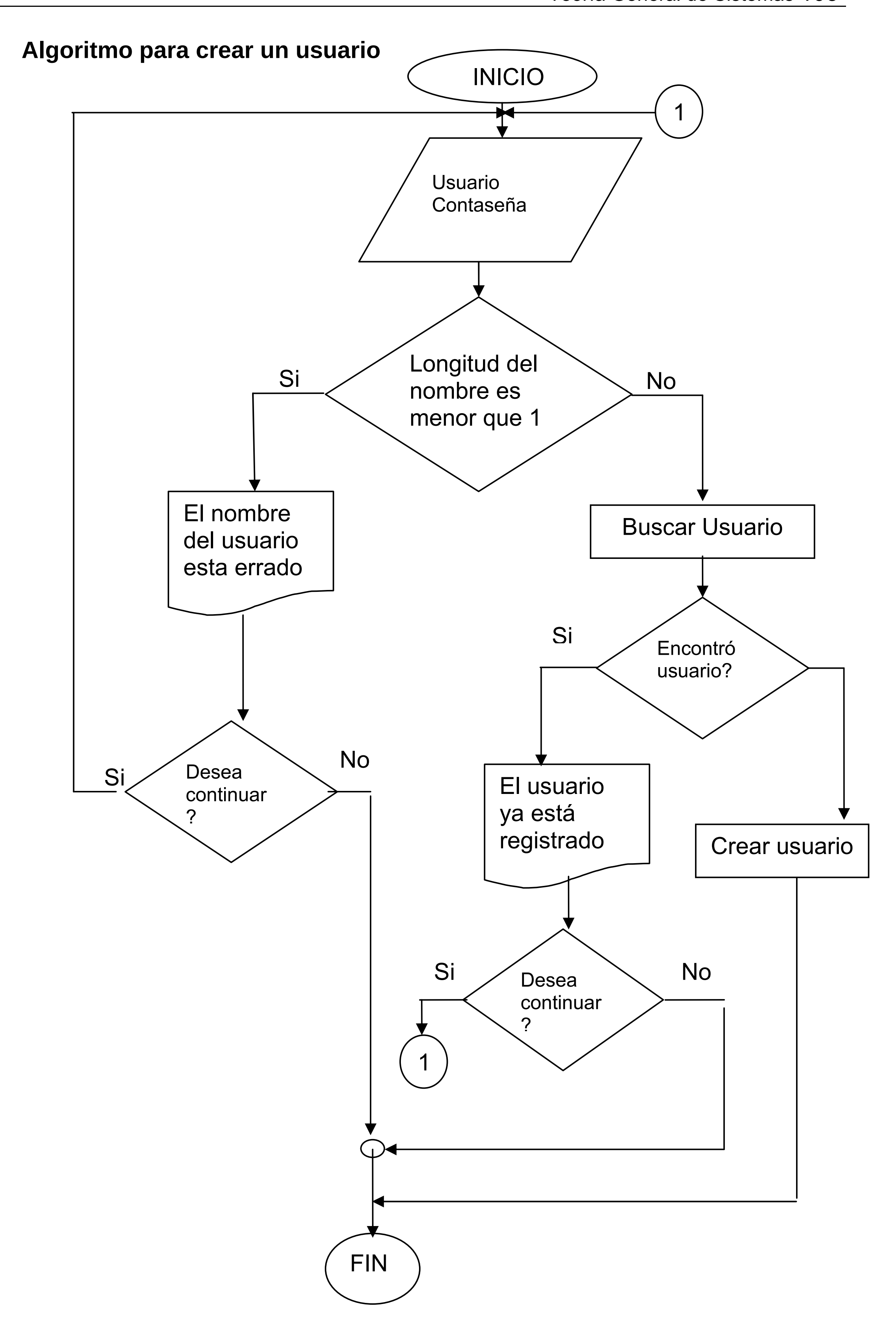
Actividad final:
De acuerdo al enfoque, desarrollado a lo largo de este capítulo, es necesario reconocer y resaltar los criterios sobre resolución y regulación de sistemas y sobre teoría de la información.
Para ello, además de abordar la temática se plantean los siguientes ejercicios, los cuales apoyan la apropiación y el manejo de dichos principios:

Para cada uno de los siguientes flujogramas Usted debe realizar el análisis del sistema que está solucionando. Este análisis debe incluir características, propiedades, tipos y clases de sistema, además debe identificar las partes del flujograma que considere importantes para la regulación del sistema, teniendo en cuenta la temática abordada en 2.2. No olvide relacionar, también, lo concerniente al tema teoría de la información 2.3 .
Los flujogramas son los siguientes:

Algoritmo para validar una contraseña de acceso a un sistema:



Algoritmo para crear un usuario



CAPÍTULO 3. TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS EN EL MODELADO DE SISTEMAS

Actividad inicial:
Una de las características que hacen valiosa a la TGS es precisamente su apoyo en diferentes modelos, que permiten llegar a la solución del sistema de una forma práctica y confiable.
Los hay de todo tipo, matemáticos, lógicos, estadísticos y obviamente de ingeniería.
En el siguiente cuadro relacione una lista de modelos que Usted considere conocer, explicando brevemente para qué sirven y en qué casos se usan.

Modelos	***Para qué sirve / en qué casos se usa***
...	
...	
...	
...	
...	

Una de las herramientas más poderosas para nutrir la metodología científica que ofrece el paradigma de los sistemas es precisamente la aplicación de técnicas del modelado de un problema al cual difícilmente le encontramos una solución ideal.

La teoría de sistemas integra las técnicas de modelado de sistemas que se encuentren a la orden del día con los avances tecnológicos en hardware y software.

Las ecuaciones y los modelos lineales ofrecen algún tipo de modelado por medio de los cuales se efectúan interesantes conclusiones que ayudan a la toma de una decisión óptima. Herramientas surgidas de la ingeniería del software y la inteligencia artificial han contribuido notablemente durante los últimos años, ofreciendo poderosas técnicas de modelado y control de sistemas.

Es importante hacer énfasis que se analizarán algunos de esos tipos de modelos, con una visión general, pues cada uno de ellos se analiza con total detalle en otras áreas o cursos académicos. El objetivo es referenciar las técnicas más generales para el diseño del modelado de sistemas de diversos niveles de objetivo.

3.1 Importancia de los modelos en la teoría general de sistemas[7]

El paradigma de los sistemas tiene por objetivo básico brindar al profesional del área, lo elementos o pasos más generales y flexibles para penetrar en cualquier

[7] CAMACHO, Luz Amanda (2001). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Editorial UNAD. p. 91

tipo de campo y determinar los objetivos para la solución de un problema específico.

Al enfrentarnos a un problema específico lo debemos ver como un caso traido al campo de una teoría general, pero algunos aspectos como la definición del problema, toma de decisiones, cuantificación, evaluación, optimización, suboptimización, jerarquía, control y planeación son funciones comunes en cualquier diseño de sistemas.

El modelado de los sistemas específicos, apoya la toma de decisiones y, por ende a las otras funciones mencionadas. Recordemos, nuevamente, que en la TGS siempre ha existido la preocupación por orientar y moldear unos parámetros que sean flexibles, generales y adecuados, que integren la especificidad de los conocimientos del área propia de los expertos, con los pasos frecuentes que se enmarcan para el diseño de sistemas en general.

Como se ha desarrollado en los capítulos anteriores el enfoque de sistemas realmente consiste en efectuar una serie de toma de decisiones, para el diseño de sistemas. Se tiene entendido por toma de decisiones la acción de seleccionar entre diversas alternativas.

Este proceso de toma de decisiones que tiene por objeto la solución final de los problemas particulares puede y debe estar apoyado por diversas herramientas de modelación, tales como maquetas dibujos arquitectónicos, programación interactiva, el modelado matemático, la programación lineal, la programación entera, las aplicaciones y modelos estadísticos, la simulación y muchos más. Así se integra la TGS, la modelación de sistemas y los problemas particulares del campo de la informática aplicada.

Algunos autores como Van Gigch identifican un procedimiento general para obtener un modelo que se ajuste a una solución particular dentro del ciclo de diseño de sistemas. El proceso de obtención del modelo en general consiste en:

Tabla 9. Pasos generales para la obtención del modelo

Paso No.	***Descripción***
1.	Efectuar una clara definición de variables.
2.	Establecer la relación entre variables y cómo se afectan entre sí.
3.	Crear una relación funcional entre variables.
4.	Generar una hipótesis de la relación funcional.
5.	La hipótesis se debe validar con datos empíricos.
6.	Efectuar un estudio de los datos.
7.	Estudiar los datos de salida para estructurar un modelo de representación del fenómeno.
8.	Usar el modelo para evaluar nuevas alternativas y soluciones.

Con la utilización de estos pasos generales se ha encontrado una técnica interesante para organizar las diversas alternativas ya sean de índole de automatización o teórico, aunque para sistemas de información, basados en computador, se han aplicado y desarrollado otras técnicas derivadas de esta.

Cuando en la vida real nos enfrentamos al diseño de un sistema por lo general se debe considerar gran cantidad de variables para la solución de problemas complejos. Tal vez no siempre se podré encontrar la solución óptima ideal, pero si podemos tener algunas facilidades que surgen al modelar un sistema haciendo que actúe como prototipo (como simulación de sistemas), para determinar si la solución encontrada es óptima o no y por qué.

Las ventajas de utilizar modelos simulados son:

Tabla 10. Ventajas de utilizar modelos simulados

No.	***Ventaja***
1.	Es posible estudiar el efecto de cambios internos y externos realizando cambios en el modelo del sistemas y observando los efectos en el comportamiento del sistema.
2.	Se entiende mejor el sistema, lo que permite mejorar su operación y eficiencia.
3.	Se adquiere gran destreza en el análisis estadístico y en el análisis teórico.
4.	En el caso de los sistemas de objetivos múltiples es fácil detectar la interrelación de variables, así como las variables que más influyen en el modelo.
5.	Es posible conocer nuevas situaciones del sistema con sólo alterar el contenido de algunas variables, lo que permite prever resultados imprevistos o la realización de proyecciones de variada naturaleza.
6.	La explicación y adiestramiento de procesos y operación del sistema se realiza en tiempo mucho menor a que si se hiciese directamente sobre el sistema aplicado; al mismo tiempo el costo de esta capacitación debe ser mucho menor.
7.	Es posible detectar con anticipación problemas en el sistema, cuando son introducidos nuevos elementos que seguramente no se consideraron en la etapa de diseño del sistema(sobretodo cuando se diseñan sistemas que son dinámicos y que cambian permanentemente a corto o mediano plazo).

3.2 Modelos de uso general

Van Gigch identifica diversos tipos de modelos para múltiples usos y áreas de trabajo. Los modelos identificados son del siguiente tipo de jerarquía:

Tabla 11. Tipos de jerarquía de modelos, según Van Gigch

Modelo	***Uso***
De intercambio	Para comparar y evaluar sustituciones.
De objetivo único y objetivo múltiple	Para clasificar alternativas simples o complejas.
De optimización	Se estudian las alternativas totales para lograr óptimos locales.
De juicio o evaluación	Se integran información e indicaciones.
De investigación o epistemológicos	Para validaciones de la verdad en un método de razonamiento.
De diagnóstico	Para procedimiento de investigación sistemática para funcionamiento defectuoso del sistema.

Debido a la rápida variación de recursos del área de informática debemos centrar nuestro estudio en aquellos modelos dinámicos e interactivos que se encuentran inmersos en los modelos de objetivos múltiples.

Otros enfoques pertenecen al modelado de sistemas para la investigación de operaciones, estos quedan fuera del alcance de este módulo, puesto que se retoman con detalle en cursos académicos correspondientes a la línea de investigación de operaciones, sin embargo se relacionan a continuación, a manera de conocimiento general:

Tabla 12. Modelado de sistemas para la investigación de operaciones

Modelo	***Uso***
Matemático de programación lineal	Influyen notablemente en la toma de decisiones de múltiples proyectos de inversión para obtener el máximo beneficio al menor costo posible. Aplicación más común en la solución de problemas de asignación de recursos limitados entre diversas actividades de la mejor manera posible.
Programación dinámica	Ofrecen técnicas muy útiles en la toma de decisiones interrelacionadas. Permite por lo tanto mediante un proceso sistemático determinar la combinación de decisiones que optimizan la efectividad total cuando un problema complejo se ha modularizado. A diferencia de la programación lineal, este enfoque no cuenta con formulaciones matemáticas, sino que es un enfoque de tipo general para solucionar problemas y ecuaciones específicas que se deben desarrollar para el estudio de cada situación individual.
Programación entera	Se elaboran modelos matemáticos de programación lineal con una restricción adicional: todas las variables sólo pueden tener valores enteros.
Programación entera mixta	Modelos matemáticos de programación lineal en los que algunas variables tienen valor entero y las demás no.
Programación no lineal	A diferencia de la programación lineal, no todas sus funciones (función objetivo y funciones de restricción) tienen comportamiento lineal. No se tiene un algoritmo que resuelva todos los problemas específicos de este modelo. Dentro de las aplicaciones más comunes de este tipo de problema, tenemos: problemas de transporte por volumen, mezcla de productos con elasticidad en los precios, selección de cartera de inversiones y otros.

Los modelos relacionados con la programación por objetivos tienen un enfoque más realista de los problemas modernos, puesto que siempre se pretenderá encontrar o alcanzar varios objetivos al mismo tiempo, si lo que se desea es optimizar el uso de diversos recursos.

Tabla 13. Modelos estadísticos

Modelo	***Uso***
De regresión	Por medio de estos modelos es posible extraer de grandes cantidades de datos las características principales de una relación entre variables que no es determinada a simple vista, debido a que la relación usual no es casual. Para la elaboración de este tipo de modelos el analista debe examinar cuidadosamente las relaciones entre un número de variables para su análisis de regresión. En este modelo se encuentran : modelos de regresión lineal simple (métodos con estimación por mínimos cuadrados, etc), modelos de regresión múltiple y otros. Pueden consultar el texto "Probabilidades y estadística" de George C. Canavos.

3.3 Técnicas modernas de modelado

En la resolución de muchos problemas complejos es necesario modelar el comportamiento de un determinado sistema o de un determinado objeto, que es lo que se está usando hoy en día. Para efectuar diagnósticos del funcionamiento de redes, atención de colas, motores eléctricos, circuitos electrónicos y otros, se necesita modelar el correcto funcionamiento de dichos elementos y determinar variantes que den posiblemente lugar a un mal comportamiento.

Para conformar modelos que se acerquen al máximo a representar la realidad existen diversas técnicas como:

- Aplicaciones estadísticas.
- Simulación.
- Isomorfismos entre sistemas.
- Análisis de redes.

Y diversas áreas de la inteligencia artificial como:

- El procesamiento del lenguaje natural
- La Robótica.
- La visión.
- Los juegos.
- La lógica formal.
- Reglas de producción.
- Redes semánticas.
- Los frames o unidades de información
- Sistemas expertos.
- Sistemas basados en el conocimiento.

Ahora se explorarán de manera general, pues sigo insistiendo en que cada una de ellas tendrá un curso académico que las desarrollará con detalle.

Tabla 14. Técnicas de modelado comunes

Modelo	***Uso***
Aplicaciones estadísticas	Las aplicaciones o paquetes estadísticos brindan al interesado la posibilidad de generar los modelos estadísticos ya mencionados con gran eficiencia (tiempo y costo) a partir de la definición de variables relacionadas y cargando en memoria todos los datos muestrales. Poseen opciones de trabajo para obtener datos estadísticos básicos como la media, la desviación estándar, la varianza, la covarianza y en general todas las medidas de tendencia central y los demás cálculos usados en estadística descriptiva e inferencial. Además se pueden observar de forma gráfica el comportamiento y la relación entre las variables previamente definidad. Se comparan tendencias de variables con respecto a las demás.
Simulación	Hoy en día el hardware y el software proporcionan variados recursos computacionales, tales como la programación orientada a objetos, la multimedia y los propios programas especializados para el desarrollo de simulación matemática; por lo tanto al combinar todas estas herramientas, con unas técnicas adecuadas para el desarrollo de modelos simulados por computador, genera una técnica capaz de apoyar a analistas, diseñadores y tomadores de decisión para determinar hasta qué punto una solución o alternativa es la mas óptima posible dentro de un grupo de alternativas seleccionadas. Las aplicaciones de la simulación de sistemas por computador más comunes se dan en proyectos de inversión, sistemas de inventario, sistemas de líneas de espera, problemas de transporte, teoría de juegos, sistemas de información gerencial, juegos gerenciales y otros. Los pasos que generalmente se siguen en una simulación son: ➢ Formulación del problema: exposición teórica del problema real. ➢ Recolección y procesamiento de datos: Observaciones de campo, documentos, entrevistas con el personal. ➢ Formulación del modelo matemático: Se basa en la habilidad e imaginación del diseñador y teniendo en cuenta los criterios para discriminar la información y establecer las relaciones internas y externas. ➢ Evaluación de las características de los datos procesados: Preparación de los datos y verificar su veracidad con el modelo matemático seleccionado. ➢ Formulación del programa de computador: selección del lenguaje de programación, teniendo en cuenta ventajas y desventajas técnicas, operativas y de pertinencia. ➢ Validación del programa: Revisar que las salidas sean las esperadas, revisar la calidad de los datos de entrada y salida, manejo de pantallas y facilidades de manipulación. ➢ Diseño de experimentos de simulación: realización de prácticas con el sistema diseñado, teniendo en cuenta variables internas y externas reales. ➢ Análisis de resultados y validación de la simulación: Alimentar cada variable y analizar resultados obtenidos, mejorarlo de acuerdo a esos resultados.
Isomorfismos	Técnica matemática utilizada para establecer correspondencias biunívocas entre los elementos de dos sistemas concretos, teniendo en cuenta que cualquier relación que se establece en los elementos de un sistema igualmente

Modelo	Uso
	se debe definir en el elemento correspondiente del otro sistema. Este tipo de técnicas han sido de gran importancia para el diseño de sistemas automáticos de control para múltiples propósitos, los cuales son estudiados en el campo de la cibernética teórica.
Análisis de redes	Modelos de optimización de redes. La mayoría de problemas que son sujeto de análisis para un ingeniero de sistemas incluyen algún tipo de red, tales como redes de producción, planeación financiera, redes de computadores, redes eléctricas, redes de administración de recursos humanos, procesamiento distribuido o cualquier otro tipo, por lo que la representación de redes es otra herramienta de uso general muy poderosa. Como ayuda conceptual permite que el analista pueda visualizar todas las relaciones entre cada componente del sistema en forma gráfica de manera general y en detalle. Algunos autores han clasificado la metodología para la solución de problemas en relación con cinco tipos básicos de red: ➢ ***El problema de ruta más corta***: Nalizar toda la red partiendo del origen e identificando sucesivamente la ruta más corta a cada uno de los nodos que la conforman, en orden ascendente de sus distancias. Por lo tanto al llegar al último nodo estará resuelto el problema de la ruta más corta. ➢ ***El problema de árbol de mínima expansión:*** Se eligen las ligaduras en la red que tengan la longitud total más corta proporcionando una trayectoria entre cada par de nodos. Las ligaduras se deben elegir de modo que la red resultante forme un árbol que se conecta cono todos los nodos de la red, limitando el problema a la conformación de un árbol de expansión con la longitud total mínima con sus uniones. ➢ ***El problema de flujo máximo***: se tiene por objetivo encontrar un patrón factible que recorre toda la red maximizando el flujo total desde el nodo fuente (punto inicial) hasta el nodo destino. ➢ ***El problema del flujo de costo mínimo:*** incluye como casos especiales el problema de la ruta más corta y el flujo máximo, tales como: problemas de transporte, problemas de embarque y problemas de proyectos para asignación de recursos. Se pueden formular como un problema de programación lineal y por lo tanto se podrá solucionar a través de métodos tan conocidos como el simplex para redes. ➢ ***La planeación y control de proyectos***: técnicas de evaluación y revisión de programas “Program Evaluation and Review Technique” o PERT y el método de la ruta crítica “Critical Path Method” o CPM.

Y por último en el área de la Inteligencia Artificial (IA), tenemos:

Tabla 15. Técnicas de modelado en Inteligencia Artificial (IA)

Modelo	Uso
El procesamiento del lenguaje natural	El lenguaje natural no solamente abarca lenguas oficiales como el español, inglés, sino también, el lenguaje propio de determinadas áreas como la medicina, economía, ingeniería, matemáticas. Un sistema en lenguaje natural se caracteriza porque parte de su información está en el lenguaje propio de cada área de estudio y posee algoritmos para los análisis sintáctico, semántico y pragmático que permitan entender e interpretar el lenguaje y generar respuestas en éste, que puedan ser comprendidas por los usuarios. Lo anterior requiere que los programas incluyan bases de conocimiento con: ➢ Conocimiento general de transfondo: diccionario de palabras, modismos y

Modelo	Uso
	frases hechas, reglas gramaticales, reglas de configuración del diálogo o de la estructura del texto. ➢ Conocimiento específico del dominio: reglas especiales sobre el campo en cuanto a palabras, sinónimos y antónimos específicos, objetivos del diálogo y modismos. ➢ Conocimiento del diálogo y/o texto: conocimiento acumulado del diálogo que se esté realizando entre la máquina y el usuario. Atendiendo a las exigencias anteriores, esta es la rama que menos avance ha experimentado dada su complejidad y la cantidad de memoria que exige para su implementación. Pueden citarse varios campos de aplicación como son la comprensión de texto, los resúmenes, la traducción automática y la interpretación de voz.
La Robótica	La definición de robot de la Asociación de Industrias en Robótica (RIA- Robotic Industries Association) es: “El robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, a través de movimientos programados y variables, para la realización de diferentes tareas”. Entre las actividades para las que se usan los robots están las desarrolladas en entornos peligrosos y/o no saludables, las repetitivas y monótonas, aquellas en las que se exige altísima precisión o respuestas en tiempo real o en las que la manipulación de piezas es difícil. Los componentes de un robot son: ➢ Brazos que son elementos o barras interconectadas por articulaciones con una configuración propia. ➢ El efector final o dispositivo anexo a la muñeca o al tobillo que se encarga de la manipulación de piezas u objetos. ➢ El controlador de movimientos y acciones. ➢ El control de mandos manuales que permite la reprogramación del robot y, ➢ Los sensores que permiten captación de datos para realimentar los sistemas de control. Aplicación: cargue y descargue de materiales, la inspección, limpieza y pulido de objetos y superficies, la soldadura, la construcción de máquinas y/o estructuras, la reparación de cables de alta tensión, la revisión o trabajo en centrales hidro-eléctricas, el montaje de maquinaria, el manejo de materiales radioactivos y/o infectados, la realización de acabados en obras civiles, la instrumentación quirúrgica.
La visión	El objetivo en este campo es la interpretación y comprensión de datos de imágenes que permitan construir modelos de escenas reales en tres dimensiones y ha sido desarrollado especialmente para proveer a los robots de la capacidad de visión, de forma que puedan moverse y trabajar en su entorno de forma inteligente y flexible. El tratamiento de imágenes abarca los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes provenientes de un mundo tridimensional. Se pueden dividir en seis tareas básicas: ➢ La captación: se obtiene una imagen visual. ➢ El preprocesamiento: técnicas como la reducción de ruidos que dificulten el reconocimiento y realce de detalles de las imágenes. ➢ La segmentación: Proceso que divide la imagen en objetos que sean de interés. ➢ La descripción: permite la obtención de las características convenientes para diferenciar dentro de una escena un tipo de objeto de otro. ➢ El reconocimiento: responde a la identificación de los objetos.

Modelo	Uso
	➢ La interpretación: mediante la cual se asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos que aparecen juntos en una escena.
Los juegos	Este ha sido un campo de investigación clásico desde los comienzos de la IA, dentro del cual se ha trabajado principalmente en algoritmos para los juegos de ajedrez y damas. Los problemas de investigación en el área han permitido ofrecer aportes en estrategias heurísticas y algoritmos que posibilitan la poda y el hallazgo de soluciones en grandes árboles de búsqueda.
La lógica formal	Actualmente existen diferentes puntos de vista sobre las ventajas del uso de la lógica como forma de representación del conocimiento. La lógica de predicados de primer orden es la lógica que tiene como elemento básico el predicado y es de primer orden porque sólo cuantifica variables. El predicado es un enunciado que describe características y/o relaciones entre los objetos del mundo que se está trabajando. Maneja sintaxis, reglas de formación, reglas de inferencia, reglas de resolución que normalmente se ven en un curso de lógica matemática.
Reglas de producción	Esta forma de representación del conocimiento es la más usada ya que facilita procesos de inferencia y ha sido usada con éxito en la implementación de herramientas y sistemas expertos comerciales. El uso de las reglas de producción da origen a los que se llaman Sistemas de Producción que se definen como una tripla: SP = <BD, reglas, búsqueda y control>, donde: ➢ ***La BD***: es la base de datos que permite describir el estado del problema en cada momento. ➢ ***Las reglas***: son los operadores que permiten realizar búsquedas e inferencias que contienen conocimiento para la solución del problema, ➢ ***La búsqueda y el control***: son los procedimientos que permiten reconocer, seleccionar y ejecutar la(s) regla(s) cuyas condiciones se cumplan dados los datos, la información o el conocimiento recolectados o confirmados en un proceso de búsqueda de solución de un problema.
Redes semánticas	Desde 1966 han sido desarrollados un gran número de modelos de redes semánticas. Algunos se han propuesto como modelos de representación de la memoria humana y de representación de significados de conceptos; mientras otros modelos se usan como componentes de comprensión del lenguaje natural y sistemas de razonamiento. Una red semántica se puede definir como una gráfica constituida por nodos y arcos, que permiten representar objetos, acciones, eventos e incorporar propiedades, significados y/o relaciones reales sobre éstos dentro de un dominio o situación. Componentes: ➢ ***Nodos***: Permiten representar objetos físicos y conceptuales del dominio en el que se está trabajando. Los objetos físicos se refieren a todo objeto que pueda verse y tocarse;: los objetos conceptuales hacen alusión a hechos, eventos, cualidades, conceptos abstractos. Los nodos normalmente se grafican en un círculo o un óvalo. ➢ ***Enlaces***: Permiten definir relaciones que se presentan entre los objetos del dominio, como la de un elemento con su clase (es-un), la parte con su todo (parte-de) y causa con su síntoma (causa-de) y, además, pueden representar definiciones o características. Normalmente se grafican con arcos dirigidos.
Frames o unidades de información	Se pueden definir como estructuras organizadas de información que describen características y relaciones entre objetos de un dominio. Se utilizan para organizar el conocimiento que es común a elementos de una clase, es decir,

Modelo	***Uso***
	aquellas características que comúnmente son ciertas para algunas clases y subclases de elementos. Puede decirse que los frames son un tipo de plantilla que encuadra un conjunto de conocimientos relacionados y relativos a un tema muy concreto que a menudo le da el nombre.
Sistemas expertos *	SE. Castillo y Aquare lo definen como: “Sistema infomático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que pueda sustituirlo y/o apoyarlo con unas ciertas garantías de éxito”. Es importante aclarar que aunque los sistemas expertos contienen el conocimiento y la habilidad de un experto humano, no pueden dar soluciones a problemas que aún las personas no han logrado resolver. Para que sean útiles deben tener las siguientes características: ➢ ***Facilidad de modificación de los conocimientos***: para corrección o actualización. ➢ ***Capacidad de manifestar un comportamiento racional*** para resolver correctamente los problemas que se le asignen y para los cuales fueron diseñados. ➢ ***Explicación clara de lo que están haciendo y por qué lo están haciendo***, así como de dar razón del cómo se llega a una determinada respuesta. Es la justificación “why/how”. ➢ ***Facilidad de comunicación*** con los expertos y/o usuarios. ➢ Rapidez de almacenamiento y manejo de los datos y conocimientos de un área específica, que permitan obtener soluciones a la altura de expertos y/o especialistas en el área.
Sistemas basados en el conocimiento *	Los sistemas basados en el conocimiento SBC a diferencia de los sistemas expertos involucran en sus bases una mayor variedad de conocimientos ordinarios propios de los especialistas, que de saber intuitivo o heurístico de los expertos. Algunas ventajas de iniciar la aplicación de este tipo de agentes con el desarrollo de un SBC más que con un sistema experto, son: Facilidad para estimar tiempo de desarrollo, costo y esfuerzo, dada la sencillez con la que el no experto en la aplicación puede comprender el tema de aplicación. En la creación de un SE hay dificultad en la captura de la totalidad del conocimiento, dada la gran cantidad de combinación de datos, conocimientos académicos e intuitivos que constituyen la pericia del experto. En SBC es más fácil la incorporación de conocimientos ordinarios porque se comprende mejor y los especialistas son más asequibles dado el tiempo que manejan. Hay facilidad en la consecución de especialistas que pueden comunicar sistemáticamente sus conocimientos, no así cuando se trata de recoger la pericia cognitiva de un experto, la cual es inestructurada e intuitiva. Existen más personas con conocimientos ordinarios que con saber especializado y por tanto es poco probable que un SBC quede inconcluso porque la única persona experimentada y capaz se traslade, no así un SE en el que si falla el experto inicial puede que jamás de concluya.

* A pesar de lo anterior no debe creerse que los sistemas basados en el conocimiento exigen menos esfuerzos de desarrollo que los sistemas expertos y

así mismo que la meta debe ser iniciar con un sistema basado en el conocimiento y luego tender a completar la experiencia con el desarrollo del sistema experto.

Es indiscutible la importancia de la modelación de sistemas para el analista, el diseñador y en general para el tomador de decisiones.

Los diferentes enfoques de modelación de sistemas tienen algún tipo de generalidades que son en últimas las herramientas que le permiten al diseñador no perder la vista de sus objetivos más globales.

Una metodología general para la generación de modelos específicos está dada por las siguientes etapas:

- La formulación del problema.
- La determinación de objetivos.
- La construcción del modelo.
- La generación de una solución a partir del modelo.
- La elaboración de pruebas para el modelo y sus soluciones.
- El establecimiento de mecanismos de control.
- La implementación.
- La puesta en marcha.
- La re-evaluación del modelo

3.4 Filosofía de sistemas

3.4.1 Epistemología sistémica

La epistemología de sistemas se refiere a la distancia de la TGS con respecto al positivismo o empirismo lógico. Bertalanffy, refiriéndose a si mismo, dice:

"En filosofía, la formación del autor siguió la tradición del neopositivismo del grupo de Moritz Schlick, posteriormente llamado Círculo de Viena. Pero, como tenía que ser, su interés en el misticismo alemán, el relativismo histórico de Spengler y la historia del arte, aunado a otras actitudes no ortodoxas, le impidió llegar a ser un buen positivista. Eran más fuertes sus lazos con el grupo berlinés de la Sociedad de Filosofía Empírica en los años veintitantos; allí descollaban el filósofo-físico Hans Reichenbach, el psicólogo A. Herzberg y el ingeniero Parseval (inventor del dirigible)".

Bertalanffy señala que la epistemología del positivismo lógico es fisicalista y atomista. Fisicalista en el sentido que considera el lenguaje de la ciencia de la física como el único lenguaje de la ciencia y, por lo tanto, la física como el único modelo de ciencia. Atomista en el sentido que busca fundamentos últimos sobre los cuales asentar el conocimiento, que tendrían el carácter de indubitable.

Por otro lado, la TGS no comparte la causalidad lineal o unidireccional, la tesis que la percepción es una reflexión de cosas reales o el conocimiento una aproximación a la verdad o la realidad. Bertalanffy señala "[La realidad] es una interacción entre conocedor y conocido, dependiente de múltiples factores de naturaleza biológica, psicológica, cultural, lingüística, etc. La propia física nos enseña que no hay entidades últimas tales como corpúsculos u ondas, que existan independientemente del observador. Esto conduce a una filosofía 'perspectivista' para la cual la física, sin dejar de reconocerle logros en su campo y en otros, no representa el monopolio del conocimiento. Frente al reduccionismo y las teorías que declaran que la realidad no es 'nada sino' (un montón de partículas físicas, genes, reflejos, pulsiones o lo que sea), vemos la ciencia como una de las 'perspectivas' que el hombre, con su dotación y servidumbre biológica, cultural y lingüística, ha creado para vérselas con el universo al cual está 'arrojado' o, más bien, al que está adaptado merced a la evolución y la historia".

El problema de la epistemología se centra en dos aspectos fundamentales:

- Qué es el conocimiento y,
- Cómo se construye el conocimiento.

Este problema se plantea en el presente eje a través de las propuestas de las ciencias naturales y de las ciencias sociales que, de alguna forma, están alimentando los campos de estudio en los programas de las diferentes Facultades de la UNAD. Los cursos académicos que se ofrecen son: *Epistemología de las ciencias, Epistemología de las ciencias sociales, Filosofía y teoría de sistemas y Filosofía del lenguaje.*

3.4.2 Ontología sistémica

La ontología se aboca a la definición de un sistema y al entendimiento de cómo están plasmados los sistemas en los distintos niveles del mundo de la observación, es decir, la ontología se preocupa de problemas tales como el distinguir un *sistema real* de un *sistema conceptual*. Los sistemas reales son, por ejemplo, galaxias, perros, células y átomos. Los sistemas conceptuales son la lógica, las matemáticas, la música y, en general, toda construcción simbólica. Bertalanffy entiende la ciencia como un subsistema del sistema conceptual, definiéndola como un *sistema abstraído*, es decir, un sistema conceptual correspondiente a la realidad. El señala que la distinción entre sistema real y conceptual está sujeta a debate, por lo que no debe considerarse en forma rígida.

Es evidente que el modelo de ontología sistémica que más se aproxima a nosotros es el modelo de redes, clara prolongación de las ontologías formalistas.

Las ciencias naturales y humanas se debaten hoy día por encontrar un paradigma del conocimiento humano que sea como una nueva teoría de la racionalidad y

donde tengan cabida todos los conocimientos existentes sólidamente establecidos. Pero en este esfuerzo se encuentran con varias contradicciones fundamentales del conocimiento que deben superar: sujeto-objeto, lenguaje-realidad, partes-todo, filosofía-ciencia, libertad-necesidad.

Pareciera que todo va apuntando hacia un paradigma emergente, que superaría dichas contradicciones y se apoyaría, entre otros, en los siguientes postulados básicos: tendencia al orden en los sistemas abiertos, que superaría la causalidad lineal unidireccional, una ontología sistémica, que explicaría las totalidades organizadas, y una complementariedad de los enfoques como integración de los aportes de diferentes filosofías y métodos en un todo coherente y lógico. Con mayor razón, entonces, tendrá sentido la integración de los aportes de las diferentes orientaciones psicológicas, ya sea que provengan del psicoanálisis, del conductismo o de los enfoques humanista, existencial, fenomenológico u otros, y la búsqueda de un estatuto epistemológico que les dé cabida.

Actividad final de refuerzo:
Una vez revisadas las técnicas de modelado comunes y las específicas de la inteligencia artificial, ¿cuál considera Usted que es la más importante o la que más se utiliza en ingeniería de sistemas?
¿Conoce técnicas diferentes a las relacionadas en el capítulo?
Relaciónelas en el cuadro anexo, explicando su uso.
Una vez realizado el cuadro, compárelo con el que elaboró al inicio del capítulo, analice y saque conclusiones.

Por último:
Para reflexionar: Si se dice que la TGS pretende alcanzar un enfoque integrador, y da aportes conceptuales generales para su aplicación en cualquier disciplina, se podrá decir lo mismo de un modelo. ¿Existirá alguno que establezca criterios generales para su aplicación y se pueda utilizar en cualquier situación? Cuál?. Explíquelo y justifique su respuesta.

Técnica de modelado	***Para qué sirve / en qué casos se usa***
...	
...	
...	
...	
...	

BIBLIOGRAFÍA

ASHBY, W.R. (1978), *Sistemas y sus medidas de información*, en G. J. Klir ed., Tendencias en la teoría general de sistemas, Alianza Universidad, Madrid.

BERTALANFFY, Ludwig von (1978), *Historia y situación de la teoría general de sistemas*, en G.J.Klir ed., Tendencias..., Alianza Universidad, Madrid.

BERTALANFFY, Ludwig von (1994). *Teoría General de Sistemas.* Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica.

BUCKLEY, W. (1978), *La epistemología, vista a través de la teoría de sistemas*, en G.J.Klir ed., Tendencias..., Alianza Universidad, Madrid.

CAMACHO, Luz Amanda (1996). *Teoría General de Sistemas*. Santafé de Bogotá: Editorial Unisur.

CORREDOR MONTAGUT, Martha Vitalia (2000). *Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander UIS.

CHECKLAND, Peter (2004). *Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas.* México: Limusa - Noriega Editores.

F.H, George(1968). *Cibernética y biología*. Madrid: Editorial Alambra, S.A. Primera edición.

JOHANSEN, Oscar (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas.* México: Limusa – Noriega Editores.

KLIR, G. J. (1980), *Teoría General de* Sistemas, ICE, Madrid.

ORCHARD,R.A. (1978), *Sobre un enfoque de la teoría general de sistemas*, en G.J.Klir ed., Tendencias..., Alianza Universidad, Madrid.

PRESSMAN, Roger S (2002). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico.* Madrid: Mc Graw Hill. Quinta edición.

VAN GIGCH, JOHN P (2000). *Teoría general de Sistemas*. México: Trillas.

WILSON, Brian (1993). *Sistemas: Concepto, metodología y aplicaciones.* México: Grupo Noriega Editores.

DIRECCIONES WEB

http://usuarios.lycos.es/javica/Apunte%202.htm

http://sitio.acis.org.co/Paginas/publicaciones/libros.html

http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/352C34C2B09A4435C1256E9A0059FCA6?OpenDocument

http://www.isdefe.es/webisdefe.nsf/0/DFBF3CD3E65BB78AC1256E5900531CD8?OpenDocument

http://www.iasvirtual.net/queessis.htm

http://www.daedalus.es/AreasISIngenieria-E.php

http://members.lycos.co.uk/edalfon/situacion/historia.htm

http://www.monografias.com/trabajos14/informatic/informatic.shtml

http://www.monografias.com/trabajos13/ingesist/ingesist.shtml

http://robotica.uv.es/Libro/Indice.html

http://www-etsi2.ugr.es/alumnos/mlii/index.html

http://www.dlsi.ua.es/~marco/himc/programa.html#Programa
www.flytech.es

www.pasarlascanutas.com

www.todoteleco.com

www.todoexpertos.com

www.fluke.com

www.anixter.com

www.somser.com

www.elguille.info

www.lawebdelprogramador.com